

ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

МАКУХ ЯРОСЛАВ ПЕТРОВИЧ

**БУР'ЯНИ В ФІТОЦЕНОЗАХ
БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР**

Вінниця
«Нілан-ЛТД»

2021

М17

Монографія розглянута та схвалена до друку Вченою радою Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (протокол № 4 від 11 березня 2020 р.)

Адреса редакційної колегії:

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України,
03110, Київ-110, вул. Клінічна, 25, тел./факс (044) 275-50-00

Рецензенти: **ФУЧИЛО Я.Д.**, доктор сільськогосподарських наук, професор Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, головний науковий співробітник відділу селекції і сталих технологій вирощування та переробляння біоенергетичних культур;
ТКАЛІЧ Ю.І., д-р с.-г. наук, професор, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, завідувач кафедри загального землеробства та ґрунтознавства.

Макух Я.П.

М17 Бур'яни в фітоценозах багаторічних біоенергетичних культур.
Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 288 с.
ISBN 978-966-924-928-9

На основі узагальнення багаторічних досліджень, а також досвіду автора висвітлено наукові основи формування фітоценозів багаторічних біоенергетичних культур. Проведено глибокий аналіз біологічних особливостей та фаз росту і розвитку бур'янів та біоенергетичних багаторічних рослин. Висвітлено методи ефективного контролювання бур'янів в фітоценозах на ранніх етапах росту біоенергетичних культур.

Для науковців, студентів вищих аграрних закладів освіти III-IV рівнів акредитації, агрономів, керівників господарств, фермерів.

УДК 632.51:631.5

© Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2021.

© Макух Я.П.

© ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021

ISBN 978-966-924-928-9

ЗМІСТ

ВСТУП	ст. 5
РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ФІТОЦЕНОЗІВ БАГАТОРІЧНИХ	
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ТА ЗАХИСТ ЇХ ВІД БУР'ЯНІВ.....	6
1.1. Вирощування енергетичних культур в Україні та за кордоном	6
1.2. Біологічні особливості бур'янів за їх вегетації в насадженнях біоенергетичних культур	11
1.3. Біологічні особливості верби	15
1.4. Процеси забур'янення насаджень верби енергетичної	17
1.5. Методи контролю бур'янів у насадженнях верби енергетичної	31
1.6. Біологічні особливості міскантусу.....	33
1.7. Контроль бур'янів у насадженнях міскантусу	40
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ЗАБУР'ЯНЕННЯ НАСАДЖЕНЬ	
БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР	52
2.1. Забур'янення насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації	52
2.2. Бур'яни в насадженнях міскантусу гігантського другого року вегетації	71
2.3. Особливості забур'янення насаджень міскантусу гігантського третього року вегетації	77
2.4. Особливості процесів забур'янення насаджень верби енергетичної першого року вегетації.....	84
2.5. Бур'яни в насадженнях верби енергетичної другого року вегетації	102
2.6. Особливості забур'янення насаджень верби енергетичної третього року вегетації	108
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ МЕХАНІЧНОГО ЗАХИСТУ	
БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ВІД БУР'ЯНІВ...	114

3.1. Ефективність застосування систем механічного захисту насаджень міскантусу гігантського від бур'янів.....	114
3.2. Ефективність застосування механічних прийомів контролювання бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації	129

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ НАСАДЖЕНЬ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ	144
4.1. Розроблення систем захисту від бур'янів на основі гербіцидів ґрунтової дії	144
4.2. Розроблення систем захисту від бур'янів на основі посходових гербіцидів	158

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ВІД БУР'ЯНІВ НАСАДЖЕНЬ ВЕРБИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ	174
5.1. Розроблення систем хімічного очищення площ під закладання плантацій верби енергетичної	174
5.2. Ефективність хімічних прийомів контролювання бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації	189
5.3. Розроблення екологічних систем захисту від бур'янів насаджень верби енергетичної першого року вегетації	197

РОЗДІЛ 6. ОСНОВНІ ВИДИ БУР'ЯНІВ ПОШИРЕНІ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ВЕГЕТАЦІЇ В ФІТОЦЕНОЗАХ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР.....	210
---	------------

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	238
---	------------

**Присвячується пам'яті Вчителя та
видатного вченого герболога
О.О. Іващенко**

В останні десятиліття, поряд із вирощуванням продовольчих, кормових, технічних і декоративних культур, усе більшої актуальності набувають біоенергетичні культури, як екологічно прийнятна альтернатива традиційному викопному паливу: нафті, газу, кам'яному вугіллю та спосіб зменшення викидів парникових газів.

Адже використання органічної маси, сформованої в процесі фотосинтезу, як джерела енергії не призводить до збільшення концентрації вуглекислого газу (CO_2) в атмосфері і тим самим не провокує наступного наростання температури атмосфери на планеті.

Знищення природної рослинності на площах, де заплановано вирощування потрібних для людини посівів та насаджень, порушує природний гомеостаз та об'єктивні біологічні закони регуляції біоценозів, унаслідок чого постійно проявляються протиріччя між вольовими рішеннями людини і законами життя природи. Таке протиріччя має багаторівневий характер, зокрема воно проявляється в постійній інвазії диких рослин – бур'янів-експлерентів – на освоєні людиною території – орні землі.

Потреба в надійному захисті насаджень багаторічних біоенергетичних культур (особливо в перший рік їхньої вегетації) ставить нові завдання землеробам у різних площинах: передусім такий захист має бути достатньо ефективним, екологічним і зручним у застосуванні. До того ж найперспективніші для вирощування біоенергетичні культури – верба енергетична, міскантус та інші, з огляду на свої біохімічні і морфологічні особливості, не здатні витримувати побічну дію традиційних гербіцидів, що контролюють сходи дводольних видів бур'янів. Відповідно механічне перенесення вже відомих приймів і способів захисту від бур'янів посівів сільськогосподарських культур на насадження перспективних біоенергетичних культур є неможливим.

Розв'язання таких проблем потребує наукових досліджень і поповнення необхідної інформації для наступного розроблення та вдосконалення ефективних та екологічно безпечних систем захисту їх від бур'янів.

РОЗДІЛ 1

ФОРМУВАННЯ ФІТОЦЕНОЗІВ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ТА ЗАХИСТ ЇХ ВІД БУР'ЯНІВ

1.1. Вирощування енергетичних культур в Україні та за кордоном

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо як палива або для виробництва біопалива. Сьогодні у світі не існує єдиної загальноприйнятої класифікації, що застосовується для таких культур. Енергетичні культури розділяють на кілька видів: одно- та багаторічні трави, швидкорослі дерева і деревоподібні рослини. До енергетичних також слід віднести і звичайні сільськогосподарські культури за їх вирощування для виробництва рідкого палива – біодизелю (ріпак, соняшник) та біоетанолу (буряки цукрові, кукурудза). Наразі відомо приблизно 20 видів швидкорослих деревоподібних рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси. У європейських країнах особливо популярними енергетичними культурами для отримання твердих видів біопалива є верба і тополя.

У Європі інтерес до енергетичних культур виник у 1970-х рр. у зв'язку з несподіваною енергетичною кризою. Відповідно почалися активні пошуки альтернативних джерел енергії, включно з енергетичними культурами. Наразі вирощування та утилізація енергетичних культур залишається актуальним питанням як для європейських країн, так і для України [1].

У країнах ЄС, за даними Європейської біоенергетичної асоціації (АЕВІОМ), сьогоднішній потенціал енергетичних культур оцінюється в 44–47 млн т нафтового еквівалента на рік [2]. Мета Європейського союзу на 2020 рік – досягти 138 млн т нафтового еквівалента біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні [3]. Наявний потенціал енергетичних культур дає змогу забезпечити орієнтовно третину запланованих обсягів. Загальна площа під лігноцелюлозними енергокультурами у ЄС (за даними 2011 р.) становить

приблизно 130–140 тис. га. Із них 37 % припадає на Румунію, де вирощується просо прутоподібне (світчграс) (*Panicum virgatum* L.). Значні площі зайнято також у Фінляндії під очеретянкою звичайною (*Phalaroides arundinacea* L.), у Великобританії – під міскантусом гігантським (*Miscanthus* × *giganteus*), у Швеції та Польщі – під вербою енергетичною (*Salix viminalis* L.). Досвід «зеленої» енергетики мають Норвегія, Данія, Німеччина, Австрія, Польща, Англія та Ірландія. Найбільші успіхи в цій сфері демонструє Швеція. Тут плантації верби енергетичної займають понад 20 тис. га, і з неї отримують сировину навіть для теплоцентралей. Уряд Швеції заявив, що до кінця 2020 року понад 50 % енергії, яка використовується в країні, повинна надходити з відновлюваних джерел. Одним із місцевих поновних джерел енергії тут є деревна біомаса верби [4]. У США найпоширенішими є верба енергетична, тополя (*Populus*), платан західний (*Platanus occidentalis* L.) і клен сріблястий (*Acer saccharum* Marsh.) [5].



Рис. 1.1. Потенціал заміщення викопного газу в Україні.

Сформовано за даними річного звіту НАК «Нафтогаз України»:

<https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23?OpenDocument&Expand=7&>

В Україні потенціал вирощування біоенергетичних культур досить серйозний, оскільки з загального споживання викопного газу в 30 млрд. м³, за рахунок перероблення рослинної сировини реально в найближчій перспективі замінити 20 млрд. м³ (рис. 1.1.)

Вибір конкретної енергетичної культури для вирощування залежить багатьох чинників, як-от тип ґрунтів, доступ до води, вид ландшафту, транспортні розв'язки, місцезнаходження потенційного споживача (котельня чи електростанція), конкуренція з іншими культурами і навіть соціальна думка щодо цього питання.

На сьогодні в країнах Євросоюзу 13,2 млн га земель є доступними для вирощування енергетичних культур, до 2020 р. площа може вирости до 20,5 млн га, а до 2030 р. – до 26,2 млн га. За оцінкою Європейської Комісії, для досягнення мети 2020 року (10 % поновних джерел енергії в транспортному секторі ЄС) під енергетичні культури потрібно задіяти 17,5 млн га, або приблизно 10 % усіх використовуваних сільськогосподарських земель країн ЄС [6, 7].

У нашій країні альтернативна енергетика знаходиться, по суті, у зародковому стані. Перші плантації верби енергетичної в Україні з'явилися у 2007–2008 рр. на Волині та Івано-Франківщині, де нею було засаджено приблизно 50 і 30 га відповідно. Однак подальшого розвитку ці проекти не отримали. Наразі лише на Волині є понад 500 га висаджених плантацій енергетичної верби [8].

Водночас, такі енергетичні культури як міскантус та верба енергетична не адаптовані для вирощування в Україні в промислових масштабах [9], тому рекомендації щодо їх виробництва в цих умовах не розроблено. Особливо актуальним залишається розроблення технології захисту цих культур від бур'янів, з огляду на те, що це багаторічні насадження [10, 11, 12, 13].

Так, за даними Державного агентства з енергоефективності структура потужностей об'єктів відновлювальної енергетики в Україні, станом на 2020 рік виглядає наступним чином (рис. 1.2).

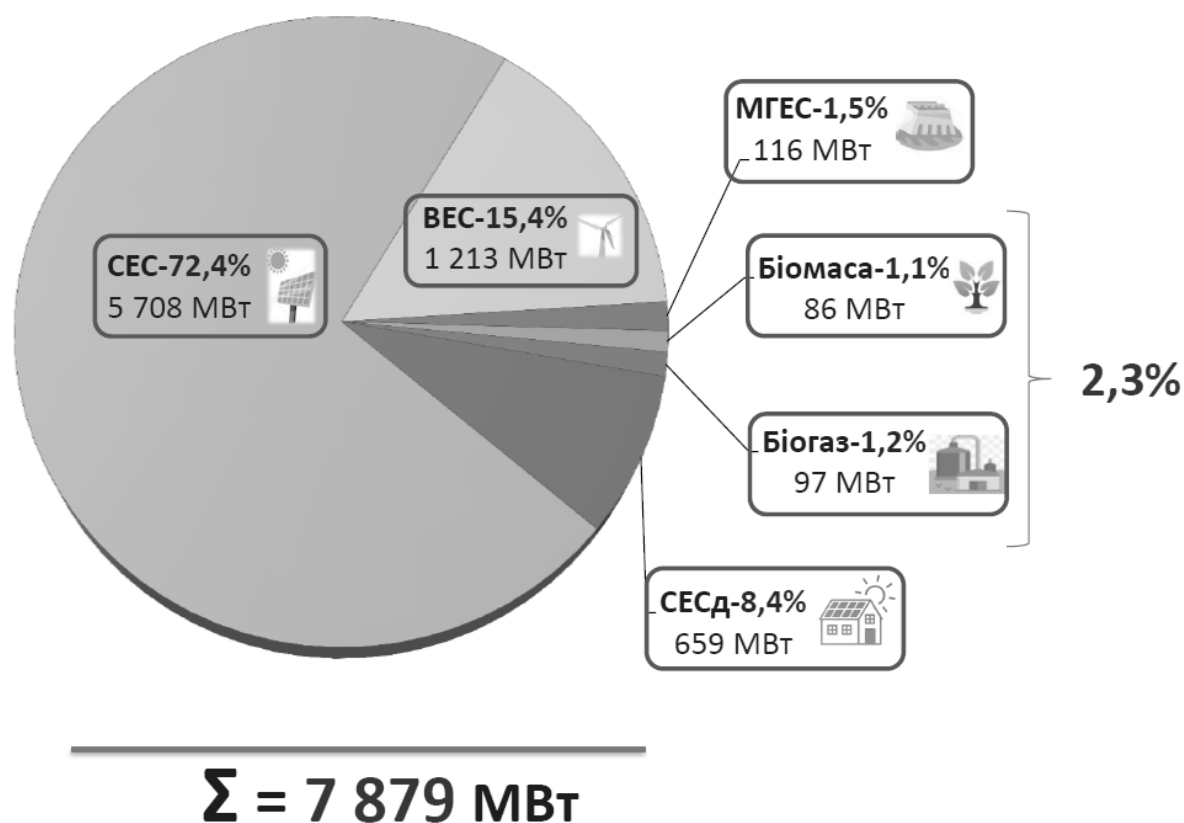


Рис. 1.2. Структура потужностей об'єктів відновлювальної енергетики (станом на 01.07.2020). Дані доповіді заступника голови Держенергоефективності Юрія Шафаренка від 29.09.2020

При цьому, на даний час, серед лідерів з біоенергетичних потужностей є сонячні електростанції (5,7 МВт) а також вітрові електростанції (1,2 МВт). І це не дивно, адже державне дотування так званих зелених тарифів призвело до надзвичайної прибутковості галузей сонячної та вітрової енергетик.

Водночас впровадження біоенергетичних проєктів вимагає не тільки більших витрат, що не покриваються державним дотуванням в такій мірі як вищезгадувані галузі, а й кваліфікованого персоналу. Адже для монтажу сонячних та вітрових електростанцій та їх періодичного обслуговування потрібні фахівці, яких достатньо на ринку праці. А от роботи з обслуговування біоенергетичних ферм потребують та навченого персоналу задіяного на постійній основі.

Попри складність та інші моменти з організації власне біоенергетичних установок в Україні, за останні 2-3 роки є багато прикладів успішного старту таких проєктів (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Успішні приклади впровадження біоенергетичних проєктів в Україні. Дані доповіді заступника голови Держенергоефективності Юрія Шафаренка від 29.09.2020

Запуск виробництв орієнтованих на перероблення рослинної продукції в свою чергу ставить нові завдання стосовно ефективної організації вирощування та збирання біоенергетичних культур. Причому якраз в умовах України перевага надається багаторічним біоенергетичним культурам, як таким що здатні ефективно накопичувати суху речовину за мінімальних щорічних витрат на догляд плантації. В той час як однорічні рослини потребують значних витрат на обробіток ґрунту, сівбу та запровадження подальших операцій агротехнологічного догляду. Що в кінцевому варіанті розвитку подій здатне значно удорожити вартість отримуваної сировини.

1.2. Біологічні особливості бур'янів за їх вегетації в насадженнях біоенергетичних культур

Забезпечення потрібного захисту молодих насаджень біоенергетичних культур можливе лише за умови розуміння специфіки процесів забур'янення і біологічних особливостей видів рослин, які є бур'янами. Майже все різноманіття бур'янів – а це понад 30 тисяч видів трав'янистих рослин, мають хлорофіл і здійснюють процеси фотосинтезу, тобто вони є автотрофними організмами [315, 316, 317, 318, 319, 320, 321]. Біоенергетичні культури – верба прутівидна і міскантус гігантський, також є автотрофами. Відповідно, для успішної вегетації як їхніх рослин, так і бур'янів у молодих насадженнях потрібні ті самі чинники довкілля: тепло, повітря, волога, мінеральне живлення та енергія світла. За такої оцінки бур'яни доцільно розглядати передусім як конкурентів культурним рослинам у насадженнях за чинники життя [322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330].

Доведено, що рослинні компоненти фітоценозів спрямовують свою стратегію органогенезу не на загострення, а на ослаблення конкурентних відносин: прикладом може бути наявність і дія закону «біологічної черги», толерантна алелопатія та інші [331, 332, 333, 334].

Водночас, така система відносин між рослинами характерна лише для компонентів постійних фітоценозів. Тимчасовим (перехідним) фітоценозам притаманні взаємини, що ґрунтуються на гострій конкуренції за чинники життя. Саме такі тимчасові фітоценози виникають у молодих насадженнях біоенергетичних культур [335, 336, 337, 338].

Значення рослин конкретного виду в синузях, що формуються в молодих насадженнях верби прутівидної та міскантусу гігантського найбільш узагальнено й об'єктивно може бути оцінено часткою маси, яку формують такі рослини, до величини загальної маси фітоценозів. Численні дослідження доводять, що частка маси бур'янів, яка є неістотною і не проявляє негативного впливу на рівень біологічної продуктивності культурних рослин, має бути

меншою 3 % від величини маси всього фітоценозу [339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353].

На оптимальність умов вегетації рослин конкретного виду вказує як величина маси, яку вони формують, так і рівень їхньої насіннєвої продуктивності. Чим менш сприятливими є умови вегетації, тим меншу масу формують рослини і нижчою є їхня насіннєва продуктивність. Така закономірність справедлива як для культурних рослин, так і для бур'янів [354, 355, 356, 357, 358, 359, 360].

Завданням технологій вирощування насаджень є створення максимально можливих умов вегетації рослинам культури, що дає змогу формувати їм найвищу біологічну продуктивність і повніше освоїти наявні екологічні ніші.

Якщо таке завдання виконане, то рослинам бур'янів практично не залишається екологічних ніш, у яких вони здатні вегетувати. Рослини культури стають безумовними домінантами, що достатньо повно освоїли наявні в насадженнях екологічні ніші.

Освоєння рослинами біоенергетичних культур основних обсягів наявних у молодих насадженнях вільних екологічних ніш і досягнення домінантного становища відбувається за 50–60 діб від часу формування насаджень. Саме в цей період насадження потребують захисту рослин культур від присутності бур'янів [361, 362, 363, 364, 365].

Одним із багатьох пристосувань видів бур'янів до виживання і виконання функцій рослин – ремонтників рослинного покриву, є їхня здатність формувати в ґрунті великі запаси насіння, що тривалий період зберігає можливість проростати.

Наприклад, одна рослина лободи білої формує до 700 тис. насінин, амброзія полинолиста – до 88 тис., просо півняче – до 60 тис. Багато видів бур'янів проявляють здатність до гетерокарпії та гетероспермії. Різне за формою і розміром насіння навіть на одній рослині може мати неоднакову стратегію збереження життєздатності й проростання. Така адаптація забезпечує

присутність виду на території і виживання потомства протягом тривалого періоду [366, 367, 368, 369, 370].

Тому за сприятливих умов вегетації і наявності вільних екологічних ніш у молодих насадженнях біоенергетичних культур небезпека появи нових сходів бур'янів буде зберігатися постійно (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Лобода біла в посадках верби енергетичної

Застосування екологічних прийомів контролювання забур'янення посівів чи насаджень культурних рослин базується на позбавленні рослин бур'янів

певного чинника життєзабезпечення. Механічні прийоми обробітку ґрунту, або видалення наземних частин позбавляють бур'яни можливості здійснювати процеси фотосинтезу. Відповідно на певний період часу або й назавжди небажані рослини втрачають доступ до засвоєння енергії світла і синтезу органічних речовин. Такий вплив у загальних результатах виконує ту саму функцію, що й гербіциди, які блокують життєво важливі процеси в рослинах: фотосинтез, синтез амінокислот і ліпідів, процеси ділення клітин та ін. Екологічні прийоми контролювання бур'янів неможливо створити на блокуванні їхньої здатності засвоювати воду чи мінеральні речовини. Найлегше створити проблеми для існування бур'янів на основі блокування енергетичного (світлового) забезпечення їхніх молодих рослин [371, 372, 373, 374, 375, 376, 377].

Формування оптично щільного екрану або шару мульчі на поверхні ґрунту в молодих насадженнях позбавляє проростки або сходи рослин бур'янів енергетичного живлення і, вичерпавши запаси пластичних речовин, що присутні в насініні чи в органах вегетативного розмноження, вони відмирають. Зниження рівня інтенсивності світлового потоку (енергії ФАР) на поверхні ґрунту має бути не менше 92–98 %. Потрібно створити для проростків гострий енергетичний дефіцит, адже без наявності енергії біохімічні процеси, що забезпечують життя неможливі [378, 379, 380, 381].

Тому системи захисту, що побудовані на таких закономірностях впливу незамінних чинників довкілля, є універсальними, екологічно безпечними і здатні успішно функціонувати протягом тривалого періоду, практично до часу повного освоєння рослинами біоенергетичних культур наявних екологічних ніш у молодих насадженнях. Такі прийоми безпечно застосовувати як біля водойм, так і в селітебних зонах. Вони не мають негативної побічної дії на довкілля.

Дослідження можливостей таких екологічно безпечних систем захисту молодих насаджень біоенергетичних культур від бур'янів і були метою викладених у науковій роботі результатів.

1.3. Біологічні особливості верби

Верба́ (*Salix* L.) – рід дерев, кущів або напівкущів родини вербових (*Salicaceae*) [17]. Мають високий рівень внутрішньовидової мінливості й видове розмаїття, так до роду *Salix* належить від 330 до 500 видів і таксонів видового рангу [14]. Верби переважно родом із північної півкулі, але в південній півкулі теж трапляється декілька видів [20].



Рис. 1.5. Загальний вигляд посадок верби енергетичної

Верби – це дводомні листопадні ентомофільні рослини з симподіальним типом наростання пагонів, черговим розташуванням листків, суцвіттями із сильно скороченою оцвітиною і дрібним насінням. Зацвітають до розпускання листків, одночасно з ними або коли вже листя повністю розпустилося. Кожна квітка сидить у пазусі цілокрайої, дещо волосистої приквіткової лусочки. Оцвітина невеличка і представлена одним-двома нектарниками. Жіночі квітки мають одну маточку, зав'язь сидяча або на довгій (довшій за нектарник) чи

короткій ніжці (коротший за нектарник); стовпчик один, коротший або довший від зав'язі, приймочок дві, звичайно дволопатевих або двороздільних. Чоловічі квітки мають 2, рідко 1–3 або 5–12 тичинок, вільні або зрослі в основі.

Пагони видовжені й укорочені, кора на них гладенька або зморшкувата. Бруньки поодинокі, вкриті однією лусочкою у вигляді ковпачка. Листки черешкові, почергові. Листкові пластинки цілісні, інколи лопатеві; від лінійних до майже округлих, цілокраї або пилчасто-зазубрені. Листки з більш-менш розвиненими прилистками, які інколи швидко опадають.

Для роду *Salix* характерна поліплоїдія: серед верб трапляються диплоїди ($2n = 2x = 38$), тетраплоїди ($2n = 4x = 76$), гексаплоїди ($2n = 6x = 114$), октоплоїди ($2n = 8x = 152$), декаплоїди ($2n = 10x = 190$) і навіть додекаплоїди ($2n = 12x = 228$); рідше виявляються триплоїди ($2n = 3x = 57$); при цьому основна кількість хромосом становить $x = 19$ [21]. Ще одна особливість верб – здатність до міжвидової гібридизації (ауткроссінгу), причому успіх гібридизації не завжди корелює з рівнем плоїдності й положенням у системі роду.

Верба відома людині здавна, однак із часом традиційні способи використання її значно скоротилися. Практичне значення багатьох видів роду *Salix* визначається їхньою високою продуктивністю, а також здатністю до вегетативного розмноження живцями, що дає змогу зберігати клони (генотипи, біотипи) з господарськоцінними ознаками. Вербі широко використовуються для створення протиерозійних, водорегулювальних, біоремедіаційних, медоносних, кормових, рекреаційно-декоративних насаджень і як культура плантаційного типу для отримання прута, кори й деревної сировини.

Також у 1960-х рр. проводилися дослідження з використання верби як сировини для виробництва паперу [480]. Уперше ідею використання верби як біопалива реалізувала шведська компанія Svalof AB у 1987 р. [21].

В останні десятиліття верби розглядаються як енергетична культура другого покоління – джерело біомаси для потреб «зеленої енергетики». Наприклад, для роботи електростанції потужністю 70 МВт щорічно потрібно приблизно 200 тис. тонн біомаси. Забезпечити таку електростанцію сировиною

можуть вербові плантації площею всього 25 тис. га. Адже нові сорти здатні давати на 60 % більше біомаси, ніж дикі форми [22]. Комерційне вирощування верби у Швеції започаткували наприкінці 80-х рр. XX ст. [451].

Верба може успішно рости впродовж 20 років на різних типах ґрунтів, зокрема піщаних, глинистих, мулових та органічних, якщо технологія її вирощування добре адаптована до умов вирощування [37].

Рослини погано ростуть та розвиваються в перший рік після висаджування їхніх вегетативних частин у ґрунт. А отже, якщо захист від бур'янів був ефективним, а рослини верби були успішно прижилися, то в наступний вегетаційний період зазвичай уже не потрібно проводити заходів щодо контролювання бур'янів [43, 32].

Причому дослідження зі збільшення густоти пагонів на одиницю площі або ж зменшення ширини міжрядь не виправдали себе [481], тож наразі такі агрозаходи використовувати у виробництві не рекомендується.

Збір врожаю рекомендується проводити раз на 3–4 роки (один цикл збору врожаю), але цикли можуть бути довгими або коротшими, залежно від інтенсивності росту рослин.

1.4. Процеси забур'янення насаджень верби енергетичної

Рід *Salix* (верба) належить до сімейства Salicaceae разом із *Populus* (тополя, осика). Найпоширеніший переважно в Північній півкулі [14]. Найбільше видів у Північній Америці – 106 [15, 16], хоча трапляється в помірних та арктичних зонах, а також у субтропічних і тропічних зонах. Загалом за географічний розподілом рід верб наявний на всіх материках, крім Антарктиди і Австралії [17]. В Україні рід *Salix* L. має 10 видів [18]. Більшість видів верби є диплоїдами, але можуть бути і багатоплідними аж до (12n). Наразі у Європі, зокрема і в нашій країні більшість верб поліпоїди [19]. Верб, зазвичай, роздільностатеві, чоловічі й жіночі квітки розвиваються на окремих

рослинах, але водночас можна знайти їх і на одній рослині [20]. Традиційно верба поширюється вегетативно і кожен сорт є клоном.

Історія використання людиною верби походить ще з кам'яного віку. Так, у Північній Європі і Північно-Західній Америці її застосовували для будівництва житла й огорожі. У Європі – для виробництва пасток, парканів, канатів, меблів і найбільше кошиків. Корінні народи Північної Америки та Євразії використовують кору верби для приготування настоїв анальгетиків і під час виробництва синтетичного аспірину й саліцину. Також використовують цю рослину для мінімізації негативних наслідків рекультивації порушених ландшафтів, фіторе mediaції, у роботі з відновленням довкілля.

У Швеції в 1960-х рр. почали досліджувати можливість вирощування верби для целюлозно-паперової промисловості, але отримана сировина мала короткі волокна. Водночас нафтова криза 1970-х рр. сприяла розвитку виробництва верби як внутрішнього поновного та екологічного джерела енергії. Перша комерційна програма розведення верби ініційована шведською компанією Svalöf AB у 1987 році [21] і триває досі. Комерційне вирощування верби почали наприкінці 1980-х рр. Сьогодні нові сорти можуть давати до 60 % більше біомаси рослинного матеріалу, ніж було на початку фази розмноження [22, 23, 24].

На їхньому фоні домінують шведські сорти верби прутovidної (енергетичної) (*Salix viminalis* L.), що належать до високопродуктивних швидкорослих порід дерев. Слід врахувати, що у Великобританії, США і Канаді розмножують і вирощують інший вид цієї культури [25].

Отже, для умов України, з огляду на великий досвід Швеції, з-поміж цілої низки високопродуктивних культур перспективною для виробництва біопалива у вигляді паливних гранул є верба прутovidна (енергетична) [26, 27, 28, 29, 30].

Верба енергетична – це деревоподібна культура, що дає змогу створювати високопродуктивні насадження з тривалим терміном існування. Являє собою кущ або кущоподібне дерево заввишки до 6–8 м. Зазвичай верба енергетична є густим кущем, що має велику кількість пагонів, якими досить легко

розмножується. Культура характеризується високими показниками приросту по довжині – до 3–5 см за добу, у середньому 1,5 м у рік. Деревина верби порівняно з більшістю інших деревних порід відносно легка. Її насадження залишаються продуктивними 20–30 років, а врожай протягом цього періоду збирають кожні 3–4 роки (один урожайний цикл), але він може бути довшим чи коротшим залежно від умов вирощування, специфіки попиту та ін. [31, 32]. Середня врожайність верби становить 10–12 т сухої маси з га за рік [33, 34]. Найбільший урожай отримують на 4–5 рік вирощування – 30–35 т деревної маси. Кількість циклів збору врожаю з одного насадження – 7–8 разів, після чого можна рекультивувати землю для садіння інших культур або закладати новий енергетичний ліс. У Польщі з насаджень верби отримують 35 т/га деревної маси, або приблизно 17 т сухої речовини [35].

Верба досить цінний вид біомаси. Так, 1 тонна енергетичної верби замінює 1,12 т соломи, 0,43 т ріпакової олії, 460 кг викопного вугілля, 800 кг бурого вугілля, 0,37 т мазуту, 730 м³ біогазу, 510 м³ природного газу. Тепловіддача від спалювання 1 тонни деревини енергетичної верби становить 16,0 МДж/кг, тоді як від дубових дров – 14,1 МДж/кг, від соснових – 13,8 МДж/кг, від 1 тонни соломи – 14,3 МДж/кг [36].

Крім високого приросту маси верба енергетична вирізняється також незначними вимогами до якості ґрунту, може рости де завгодно: на піщаних, глинистих ґрунтах, навіть на вологих та засмічених територіях [37]. За своїми біологічними особливостями верба досить добре витримує надмірне зволоження ґрунту. Так, у Румунії вербу енергетичну висаджують на територіях, які часто затоплює водою, заболочених ділянках, а також для очищення стічних вод [38]. Оптимальний рівень рН становить 5,5–7,5, але росте в доволі широкому діапазоні – від рН 3,5 до 10. Водночас добре себе почуває на кислих піщаних і сухих ґрунтах, але формує нижчий урожай.

Вербу розмножують вегетативно за допомогою живців від пагонів продуктивних її форм. Для цього однорічні пагони (черенки) верби розрізають на відрізки завдовжки 20–25 см і завтовшки 0,8–2 см. Заготовляють їх із другої

декади листопада до першої декади березня. Саджанці висаджують під кутом 45° на глибину до 25 см так, щоб вони виступали над поверхнею ґрунту на 3–5 см. Кількість саджанців на 1 га може змінюватися від 15 до 50 тис. шт., залежно від призначення плантації [39]. У разі використання насаджень для виробництва біопалива у вигляді паливних гранул кількість саджанців зменшують до 20–35 тис. шт./га. Плантації призначені для вирощування живців на розмноження загущують до 50 тис. шт./га. Слід врахувати, що велика густота насаджень не сприяє збільшенню врожаю. Це залежить від кількості поживних речовин у ґрунті, достатнього забезпечення вологою. Більша густота насаджень спричиняє погіршення деревини, верба виростає нижчою і тоншою. Отже, оптимальна густота насаджень плантацій у наших кліматичних умовах становить 20–25 тис. штук на 1 гектар [40, 41]. Відстань між саджанцями в рядку становить 40–60 см, тоді як ширина міжрядь залежить від техніки, якою обробляють, і може бути від 70 до 150 см. Від цих відстаней залежить і реальна кількість саджанців, потрібних для висаджування на плантації. У першу зиму паростки можна обрізати до висоти 5–8 см для стимулювання кількості пагонів на рослині. Проте останні наукові дослідження свідчать цього робити не варто [42, 43].

Удобрення плантацій енергетичної верби слід проводити, з огляду на обсяг виносу поживних речовин культурою та їх наявний запас у ґрунті. Наприклад, у 10 т сухої деревини верби міститься 46–49 кг азоту, 12–15 кг фосфору, 22–29 кг калію, 40 кг кальцію, 10 кг магнію. За трирічного циклу збору врожаю і продуктивності 10 т сухої маси з гектара на рік можна орієнтуватися на такі норми внесення добрив: $N_{150}P_{45}K_{90}$ один раз на три роки. На бідних ґрунтах норма внесення добрив повинна бути збільшена на 30–40 % для досягнення середніх показників родючості ґрунту [44]. Шведські дослідники рекомендують перед закладенням плантації вносити азотні добрива в дозі N_{60} , а після першого періоду вегетації, за умови якісного контролю бур'янів, вносити ще дозу N_{60} , а після кожного збору врожаю – N_{100} [45]. Слід

зазначити, що приблизно 60–80 % поживних речовин на плантаціях верби енергетичної повертається в ґрунт разом із листям.

Більшість зарубіжних дослідників як США, Канади, так і Швеції схиляються до думки, що в технологіях вирощування верби енергетичної головним залишається садіння і захист від бур'янів протягом перших років вегетації [46, 47, 48]. Зарубіжними дослідниками встановлено, що врожай верби енергетичної в першій рік може знижувати ріст пагонів і продуктивність від присутності бур'янів у межах від 50 до 95 % [49, 50, 51]. У більшості досліджень відсутність захисту від бур'янів у перший рік вегетації призводить до зменшення врожаю більш ніж на 90 %, а в наступному році рослини верби енергетичної навіть відмирають [52, 53, 54]. Навіть за використання сучасних клонів верби енергетичної за сумісного співіснування з бур'янами протягом першого року вегетації відзначали зниження висоти рослин на 68,3; 91,2 і 94,3 % на трьох ділянках, а загибель рослин становила 9,8; 57,3 і 56,2 % [55].

Конкурентоспроможність бур'янів та деревних видів рослин пов'язана, передусім, з конкуренцією за поживні речовини, воду і частково за світло [56]. Слід врахувати, що в природі верба росте на берегах річок та землях із високою вологістю, де кількість бур'янів обмежена [57]. При цьому низька щільність рослин верби, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, є основним чинником, що обмежує її здатність протистояти бур'янам протягом перших років росту [58, 59]. З огляду на це, можна зробити висновок, що конкурентоспроможність верби є дуже низькою.

Багато бур'янів проростають уже через кілька діб після передпосівної підготовки ґрунту. Відповідно контролювання забур'янення в насадженнях верби енергетичної, з огляду на їхню низьку конкурентоспроможність на ранніх стадіях розвитку, повинне включати застосування насамперед ґрунтових гербіцидів до появи сходів бур'янів, оскільки їх післясходовий контроль є малоефективним [60, 61]. Цілком зрозуміло, що чим довше насадження будуть залишатися без бур'янів, тим краще верба буде рости і формувати більший урожай.

Наразі захист від бур'янів розглядають як чинник, що визначає можливість створення самої плантації верби. На малих площах більше застосовують агротехнічні заходи та ручне прополювання [62]. Тоді як в іншому випадку неможливо обійтися від хімічних засобів захисту – гербіцидів.

За даними польських дослідників, гербокритичним періодом для верби енергетичної є перші 4–10 тижнів вегетації після садіння живців [63]. Відповідно розвиток і конкуренція бур'янів буде найбільшою, тому їх контролювання в цей момент є одним із найважливіших елементів у технології вирощування верби [64, 65, 66]. Зареєстровані в Польщі гербіциди для контролювання бур'янів у насадженнях верби енергетичної – Лонтрел 300 SL та Тарга Супер, 0,5 % к.е. – не здатні повністю захистити молоді плантації, оскільки мають дуже обмежений діапазон дії [67].

У технологіях вирощування після висаджування живців на 1–3 добу застосовують ґрунтові гербіциди, як-от Azotop 50WP (д.р. ленацил) з нормою витрати 2,5–5,0 кг/га, або Bladex 50 WP (д.р. ціаназін) 2–5 кг/га. Діюча речовина ленацил належить до групи похідних урацила, потрапляє в рослину головним чином через коріння. В Україні зареєстрований під маркою Вензар, 80 % з.п. Застосовується проти однорічних дводольних бур'янів у насадженнях цукрових, кормових, столових буряків за внесення до сівби, одночасно із сівбою або відразу після неї нормою 0,8–1,3 кг/га. Ленацил діє як через ґрунт, проникаючи через корені бур'янів, так і через зелені частини рослини. Ефективність препарату залежить від норми внесення і вологості ґрунту, за оптимальних ґрунтово-кліматичних умов діє 21–40 днів. Ленацил здатний поглинатися ґрунтовою породою, лесоподібним суглинком, глиною або органічною речовиною ґрунту, тому на таких ґрунтах слід збільшувати норму його витрати. За недостатньої вологості ґрунту гербіцид погано розкладається [68]. Ціаназін – селективний системний гербіцид, поглинається коренями з транслокацією акропетально до листків, а також листям. Контролює однорічні дводольні бур'яни, у ґрунті не накопичується [69]. В Україні відомі такі

аналоги ціазаніну – сімазін, антразін, прометрин. Внесення цих ґрунтових гербіцидів може обмежувати розвиток бур'янів упродовж 6–8 тижнів.

За даними європейських дослідників [70, 71], забур'яненість насаджень верби енергетичної в перший рік вегетації в кількісному і видовому складі зазвичай відображає попередній характер забур'янення земель, на яких ця плантація була створена.

Важливо попередньо визначити групи домінантних і проблемних бур'янів і, відповідно, розробити систему їх контролювання, щоб урожайність верби не знижувалася. Польськими дослідниками визначено найпоширеніші та проблемні види бур'янів, які конкурують із вербою енергетичною протягом трьох років, навіть за внесення гербіцидів на різних типах ґрунтів [72].

Так, на парових землях та нещодавно виведених із сільськогосподарського виробництва зафіксовано такі види бур'янів: домінантом є пирій повзучий (*Agropyrum repens* (L.)), кропива дводомна (*Urtica dioica* (L.)) та полин звичайний (*Artemisia vulgaris* (L.)); менше відмічали осоту польового (рожевого) (*Cirsium arvense* (L.)), грястиці збірної (*Dactylis glomerata* (L.)) та ін. На плантаціях верби, висадженої на піщаних та легкосуглинкових реградованих ґрунтах, домінтними бур'янами є однорічні й багаторічні злакові види: кунічник наземний (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.), бромус житній (*Bromus secalinus* (L.)), мітлиця повзуча (*Agrostis stolonifera* L.), вівсяниця овеча (*Festuca ovina* (L.)); серед дводольних – злинка канадська (*Erigeron canadensis* (L.)), щавель горобиний (*Rumex acetosella* (L.)), хрінниця смердюча (*Lepidium rudemale* (L.)).

На вологих та перезволожених деградованих лучних ґрунтах найпоширенішими були такі види: кропива дводомна, ситник розлогий (*Juncus effuses* (L.)), мітлиця собача (*Agrostis canina* (L.)), мітлиця повзуча (біла) (*A. stolonifera* (L.)), шоломниця звичайна (*Scutellaria galericulata* (L.)) та ін. На пересушених лучних ґрунтах, крім кропиви дводомної, спостерігали розхідник звичайний (*Glechoma hederacea* (L.)), яглицю звичайну (польова) (*Aegopodium*

podagraria (L.), жовтець повзучий (*Ranunculus repens* (L.)), чистець лісовий (*Stachys sylvatica* (L.)) та ін.

Видовий склад бур'янів на антропо реградованих глинистих ґрунтах був представлений домінантом – лободою білою (*Chenopodium album* L.) та гібридною (*C. hybridum* L.), водночас були присутні й лутига розлога (*Atriplex patula* (L.)), злинка канадська, латук дикий (*Lactuca scariola* L.), бромус житній, осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.), гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria* (L.)). Установлено, що одним із найбільш шкодочинних та важкоконтрольованих бур'янів на плантаціях верби енергетичної є пирій повзучий.

Отже, видовий склад бур'янів значною мірою залежить від поточного використання земель, ґрунтових умов та їх потенційного запасу насіння в ґрунті.

Роль видів бур'янів та їхня присутність на маргінальних територіях з екологічного погляду є позитивною. На таких територіях, де діяльність людини через недостатній рівень їхньої родючості, або з інших причин, є ослабленою, сама природа згідно зі своїми об'єктивними законами здійснює процеси їх репарації і поступового відновлення природного стану. Оскільки для формування постійних фітоценозів потрібен достатньо тривалий період – від 40 до 80 і більше років, то в такому часовому інтервалі формуються послідовні змінні сукцесії рослин перехідних (тимчасових) фітоценозів. На перших етапах у таких перехідних фітоценозах провідну роль мають саме види-піонери – бур'яни-експлеренти [73, 74].

Проведення комплексу агротехнічних заходів із підготовки ґрунту для створення насаджень біоенергетичних культур призводить до знищення наявної на площі рослинності і відновлення активних природних процесів освоєння звільнених екологічних ніш, насамперед видами бур'янів [75].

За результатами перших обліків на 10 травня в насадженнях верби прутовидної наймасовішими були сходи гірчака шорсткого – 11,8 %, лободи білої – 10,8, пирію повзучого – 10,0, мишію сизого – 9,0, пасльону чорного – 8,9, гірчиці польової – 7,9, проса півнячого – 7,2 % та інших видів. На час

проведення останніх обліків бур'янів (10 вересня) у насадженнях культури загалом налічувалося 168,4 шт./м² бур'янів, із них у структурі забур'янення найбільшу частку займали злакові види – 48,8 % (мишій сизий – 22,6 %, плоскуха звичайна – 14,8, пірій повзучий – 11,4 %), серед дводольних – гірчак шорсткий, паслін чорний, лобода гібридна та гірчак березкоподібний [76, 77].

Освоєння наявних у молодих насадженнях вільних екологічних ніш бур'янами відбувається досить інтенсивно. Повідну роль у такому процесі мають саме рослини масових видів бур'янів. Молоді рослини культури самостійно не здатні швидко освоїти такий вільний простір. Їм потрібний відповідний період росту й розвитку (традиційно понад 60 діб від часу формування насаджень) без негативного впливу рослин конкурентів [78, 79]. Тому для захисту молодих насаджень верби необхідно контролювати сходи бур'янів.

У Швеції проти небажаної рослинності в молодих насадженнях верби, за даними Swedish Chemicals Agency (2014 р) [80], зареєстровано низку гербіцидів. Basara – діючі речовини флуртамон (250 г/л) і дифлуфеникан (100 г/л). Флуртамон є добре відомим селективним гербіцидом, рекомендованим для контролювання численних широколистих видів бур'янів у посівах бавовника, земляного горіха, сорго, соняшнику. Його вносять перед або після появи сходів культури. Дифлуфеникан – контактний персистентний гербіцид широкого спектра дії для захисту від широколистих і злакових бур'янів у досходовий і ранній післясходовий періоди в посівах пшениці й жита озимого, ячменю. Діюча речовина пригнічує утворення каротиноїдів, порушуючи фотосинтез. Безпосередньо діє як на пророслі бур'яни на ранніх стадіях розвитку, так і має потужну ґрунтову дію. Крім цього утворює на поверхні ґрунту стійку плівку (екран), діючи на кореневу систему проростків бур'янів, яка перешкоджає появі нової хвилі їхніх сходів. В Україні ці діючі речовини не мають офіційної реєстрації. Відповідно їх завезення і практичне застосування є неможливим.

Забезпечувати захист молодих насаджень верби енергетичної, зокрема прутovidної, за допомогою гербіцидів складно. Передусім з огляду на специфіку біохімізму та морфологічної будови її рослин, які є чутливими до дії майже всіх відомих сучасних діючих речовин, що здатні контролювати дводольні види бур'янів. Селективність препаратів до рослин культури недостатня. Іншою вагомою причиною, що ускладнює застосування гербіцидів у молодих насадженнях верби, є територіальне розміщення останніх близько до водойм та в селітебних зонах, де використання хімічних засобів захисту обмежене вимогами санітарно-гігієнічних норм [81, 82, 83, 84].

Така специфіка ситуації лише зайвий раз доводить актуальність розроблення і оцінювання екологічно безпечних систем захисту молодих насаджень верби прутovidної від бур'янів. Водночас потрібні дослідження способів використання в молодих насадженнях захисного потенціалу сучасних гербіцидів, що мають офіційну реєстрацію в країні. Дослідження в цих напрямках проводять наукові центри багатьох країн світу: Швеції, ФРН, Голландії, Польщі, Канаді тощо [85, 86, 87, 88, 89, 90].

Потенційно перспективним може бути використання препаратів на основі діючої речовини клопіралід. Специфіка такої діючої речовини в тому, що вона найактивніше діє на рослини з ботанічної родини Айстрові, частково – з родин Пасльонові і Гречкові (Гірчакові). На рослини з інших ботанічних родин, зокрема й Вербові, така діюча речовина проявляє істотно меншу біологічну активність. На такій особливості й базується потенційна можливість застосування препаратів на основі цієї діючої речовини в молодих насадженнях верби прутovidної [91, 92].

Для захисту молодих насаджень від багаторічних кореневищних і коренепаросткових бур'янів придатний гербіцид Matrigon 72 SG (д.р. клопіралід) [93, 94, 95]. Ця діюча речовина в Україні добре відома як основа гербіциду Лонтрел 300. Клопіралід за хімічною будовою належить до похідних пірідінкарбонової кислоти. Діюча речовина здатна проникати в рослини через коріння й листя, легко переміщується по рослині. Максимальна ефективність

може бути досягнена за нанесення гербіциду на листя молодих рослин бур'янів способом обприскування. Період захисної дії гербіциду – до 30 діб. Такий гербіцид добре контролює молоді рослини видів осотів, будяків, ромашок, латуку та деяких видів гірчаків.

Focus Ultra (д.р. циклокидим) – застосовують для контролювання однорічних (норма витрати – 0,1–0,15 кг/га) та багаторічних злакових бур'янів (0,2–0,5 кг/га) у посівах кукурудзи, буряків цукрових, ріпаку, соняшнику, сої, картоплі [87]. В Україні зареєстрований гербіцид Стратос Ультра, 10 % (Фокус Ультра 10,8 %) фірми БАСФ. Грамініцид із д.р. клетодим добре відомий у нас як діюча речовина гербіцидів Селект і Центуріон із нормами витрати 0,4–0,8 л/га для контролювання однорічних злакових та 1,4–1,8 л/га – багаторічних злакових бур'янів [93, 94, 95].

У Швеції гербіциди на плантаціях верби енергетичної використовують регулярно, особливо протягом першого та другого років вегетації. З осені, зазвичай, вносять Раундап (який зареєстрований на насадженнях верби енергетичної) перед садінням або після збирання врожаю для контролювання багаторічних злакових, зокрема пирію повзучого, та багаторічних кореневищних і коренепаросткових та ін. бур'янів [94, 96, 97].

Проведені в Румунії дослідження свідчать, що досходове внесення гербіцидів не пригнічує рослини верби енергетичної. Рекомендовані такі композиції діючих речовин:

1. Тербулазин + S-метолахлор – в Україні гербіцид Варяг, к.с. (норма витрати – 4,5 л/га);
2. Мезотріон + S-метолахлор – гербіцид Каллісто, к.с. (0,2 л/га) + Дуал Голд, к.е. (2,0 л/га);
3. Пендиметалін + S-метолахлор – Стомп, к.е. (6,0 л/га) + Дуал Голд, к.е. (2,0 л/га). Дози внесення на піщаних ґрунтах зменшували на 20 %.

За результатами проведених спостережень встановлено, що в насадженнях верби за внесення гербіцидної композиції № 1 з'явилися сходи

лободи білої і амброзії полинолистій, проте були відсутніми однорічні злакові види бур'янів.

Композиція № 2 відзначалася появою галінсоги дрібноквіткової, лободи білої, незначної кількості амброзії, тоді як на варіанті застосування гербіцидної композиції № 3 масово з'явилися сходи амброзії полинолистій, а однорічні види бур'янів були відсутні [98].

Найпоширенішими гербіцидами в насадженнях верби енергетичної в країнах Європи та США є гербіциди на основі діючої речовини гліфосат, які вносять щороку протягом перших трьох років вегетації культури. Його найкраще застосовувати в період, коли дерева перебувають у стані біологічного спокою, оскільки діюча речовина гліфосат під час вегетації проявляє біологічну активність до рослин верби [99, 100, 101].

Застосування одних і тих самих діючих речовин, наприклад гліфосату чи клопіраліду, швидко призводить до формування резистентних до гербіцидів популяцій бур'янів. Важливо підібрати суміші гербіцидів так, щоб отримати синергетичний ефект, що дасть змогу зменшити норми витрати кожного компонента та знизити загальне хімічне й токсикологічне навантаження на екосистеми, підвищити біологічну ефективність і тривалість дії суміші [102]. Однак даних про їхню ефективність недостатньо, а досліджень стосовно дії трикомпонентних сумішей на деревні енергетичні культури взагалі не проводилося.

Літературні дані свідчать про перспективність докладного дослідження дво- і трикомпонентних сумішей гербіцидів для захисту насаджень верби енергетичної, у складі яких будуть такі діючі речовини, як гліфосат, імазапир, сульфометурон-метил, хлорсульфурон і метсульфурон-метил [103, 104].

Різні гербіциди та їхні композиції на плантаціях *S. viminalis* докладно вивчали польські дослідники Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M. [107]. Ними випробувано 22 гербіциди в різні періоди розвитку верби: 1 – через 7 діб після садіння живців; 2 – сходи–утворення вербою листя; 3 – 6–8 пар листків–початок гілкування. Фітотоксичність гербіцидів вивчали через 7 і 28 діб після

внесення. Так, через 7 діб після садіння живців вносили Гроділ, 75 % в.г. (40 г/га), Дуал Голд, 96 % к.е. (1,3 л/га), Tornado, 70 % (д.р. метамітрон, 5,0 л/га), Fuego, 50 % (д.р. метазахлор, 2,5 л/га), Бутізан Стар (4,0 л/га). Усі гербіциди частково пригнічували вербу, але після 3–4 тижнів вегетації ознаки пригнічення зникали. Таким чином, як через 7, так і через 28 діб пошкодження верби було відсутнім.

Водночас за внесення гербіциду Nimbus (д.р. кламазон, 33,3 г/л + метазахлор, 250 г/л) нормою 3,0 л/га та Pronar (д.р. діметахлор, 400 г/л) – 4,0 л/га на 7 добу після обприскування спостерігали значний хлороз листя, який був присутнім ще протягом 4 тижнів.

Незначний хлороз листя відзначали за внесення Контакттвін (д.р. етофумезат, 94 г/л + фенмедіфам, 97 г/л) нормою 6,0 л/га, але на 28 добу пошкодження верби було відсутнім. Краще контролювали бур'яни препарати Гроділ, Дуал Голд, Nimbus, Prona, які знищили як однодольні, так і дводольні види; ефективність проти осоту рожевого становила 67–78 %.

Більш виражені фітотоксичні симптоми було виявлено за нанесення гербіцидів у фазі утворення рослинами верби листків. Так, хлорози листя були присутні після внесення гербіцидів бетанальної групи: Бетанал (д.р. фенмедіфам, 160 г/л) нормою 6,0 л/га, Бетанал АМ (д.р. десмедіфам, 80 г/л + фенмедіфам, 80 г/л) – 6,0 л/га, поєднання Дуал Голд – 1,0 л/га + Tornado, 70 % (д.р. метамітрон) – 4,0 л/га. Вони призвели до висихання і деформації листової пластинки.

За проведення обприскування насаджень культури класичним Бетанал Експерт із нормою 3,0 л/га в рослин верби прутувидної відзначали хлороз листя з частковим або повним всиханням листків. Такі ж симптоми спостерігали і за внесення Тореро, 50 % к.е. нормою 6,0 л/га та Контакттвін (д.р. етофумезат, 94 г/л + фенмедіфам, 97 г/л) – 6,0 л/га. Найефективніше контролювали бур'яни в цій фазі розвитку рослин верби такі гербіциди, як Бетанал Експерт, Тореро та Контакттвін.

У фазі розвитку верби 6–8 пар листків–початок гілкування вносили Тарга Супер (1,0 л/га) + Лонтрел (0,15 л/га) та Пантера (1,5 л/га) + Лонтрел (0,15 л/га) – фітотоксичності на 7 і 28 добу не спостерігали. Хлороз листя, його деформація і часткове всихання зафіксовано за внесення гербіцидів Пантера (1,5 л/га) + Контакттвін (4,0 л/га), меншим всихання листя було на варіанті Фюзілад Форте (2,5 л/га) + Карібу (30 г/га), Зелек Супер (1,25 л/га) + Тореро (4,0 л/га), а також Пантера (1,5 л/га) + Галера (0,35 л/га).

Сильне пригнічення рослин верби спричиняло внесення МайсТер (150 г/л) + ПАР (2,0 л/га).

На відміну від внесених гербіцидів після садіння та утворення листків вербою до стадії 6–8 пар листків, початок гілкування спостерігали нижчий рівень ефективності захисної дії у зв'язку з проявами ефекту «фазової резистентності» у рослин, а також обмежений спектр їх захисної дії на видове різноманіття сходів бур'янів. Винятком є лише МайсТер який дуже добре контролює бур'яни. Крім того, спостережено зниження ефективності грамініцидів Фюзілад Форте та Пантера.

Отже, селективність гербіцидів для рослин верби та рівень ефективності їхньої дії залежить від терміну проведення обприскувань та фази розвитку культури. Фітотоксичні пошкодження та пригнічення рослин верби (певні активні речовини гербіцидів у дослідях) фіксували протягом приблизно 3–4 тижнів після внесення (без значного впливу на подальший розвиток рослин верби).

Інгібування (сповільнення) росту рослин верби (хімічний дис-стрес) тривало протягом приблизно трьох місяців після проведення обприскування і було зафіксоване тільки за використання гербіциду МайсТер. Кращі результати щодо контролювання бур'янів досягали за внесення гербіцидів через 7 діб після садіння живців верби. Внесення гербіцидів повністю не захищає молоді насадження верби від бур'янів. Це можливо пояснити обмеженим спектром дії гербіцидів, що були використані в дослідженнях, а також появою в

насадженнях протягом 8–10 тижнів вегетації нової хвилі сходів бур'янів [105, 106, 107].

1.5. Методи контролю бур'янів у насадженнях верби енергетичної

За екологічного оцінювання в насадженнях верби енергетичної потрібно здійснювати пошук альтернативних способів захисту від бур'янів, які доповнюють або замінюють використання гербіцидів. Крім того, набір препаратів, що дозволені для застосування в країнах Європейського союзу щорічно скорочується, а реєстрації нових фактично не відбувається [108, 109].

Агротехнічні прийоми захисту від бур'янів молодих насаджень біоенергетичних культур досліджували від початку 1990-х рр. Установлено, що бур'яни, які ростуть у міжряддях верби, здебільшого можливо контролювати механічними прийомами за допомогою міжрядного обробітку культиваторами чи ґрунтовими фрезами [110, 111]. Спільним для таких способів захисту від бур'янів між рослинами в рядках, а в разі застосування граблів для вичісування сходів бур'янів отримують значні пошкодження саджанці верби [112, 113].

У Швеції застосовують торсійні культиватори з гумовими зубцями, які нахилені один до одного і знищують бур'яни поблизу рослин верби і в рядку [114]. Однак, ефективність культиваторів значною мірою залежить від розвитку самих рослин верби [115, 116].

В Україні за проведення трьох міжрядних обробітків спостерігали практично повне знищення пророслих бур'янів у міжряддях у першій половині вегетації верби. Однак, у рядках та в межах захисної смуги, бур'яни продовжували рости. Тому для їх знищення в рядках, а в другій половині і в міжряддях, потрібно було застосовувати ручне прополювання, що вимагало значних затрат ручної праці [117, 118, 119, 120, 121].

Одним із варіантів гербіцидного захисту є обприскування, де препарат вносять між рядами (для контролю бур'янів у міжряддях післясходовими гербіцидами), або в рядки (внесення ґрунтових гербіцидів перед садінням

живців). При цьому досягаємо зменшення норми витрати гербіциду на гектар порівняно із суцільним обприскуванням. Водночас внесення гербіциду тільки в рядок або через два рядки доповнюють обов'язковим застосуванням культиваторів, фрез і т.д. [122, 123].

Іншою альтернативою є застосування аплікатурного способу внесення гербіцидів, коли бур'яни безпосередньо змочені ними. Перевагою цього способу є менша кількість гербіциду порівняно з обприскуванням. У Данії для контролювання бур'янів у насадженнях верби енергетичної застосовують покривні культури, такі як райграс, костриця, конюшина [132]. Однак, для деревних культур покривні рослини створюють конкуренцію, передусім за енергію світла [125, 126]. У дослідженнях, проведених у США на ділянках з покривними культурами конюшини білої і гречки, продуктивність верби енергетичної істотно знижувалася порівняно із застосуванням гербіцидів та механічним контролюванням [127, 128, 129]. Кращих результатів було досягнуто в разі, коли як покривну культуру застосовували жито озиме. Висівали його восени, а перед садінням саджанців верби енергетичної скошували чи обробляли грамініцидами. Дослідженнями виявлено незначну дію на бур'яни, адже жито формувало невелику біомасу, тож після скошування чи обробки гербіцидами бур'яни активно проростали. Подібні дослідження проводили з конюшиною повзучою для зменшення гербіцидного навантаження та збільшення вмісту азоту в ґрунті, де її висівали за місяць після садіння живців верби енергетичної, а через кілька місяців механічно знищували, без шкоди для верби. Але конюшина впливала на ріст верби, частково затримуючи його [130, 131, 132, 134]. Ще одним можливим методом контролю бур'янів є алелопатичні виділення кореневої системи верби та їхній вплив на бур'яни, але такі дослідження не проводились.

У Канаді, крім механічного, хімічного чи комбінованого методу контролювання бур'янів на плантаціях верби енергетичної, використовують мульчу на основі пластику. Фактично встановлено, що контроль бур'янів у

перший рік дво-трирічного циклу врожаю верби є набагато важливішим, ніж захист від бур'янів протягом другого року [135, 136].

Із хімічних методів застосовують гліфосат, який вносять за допомогою аплікаторів, однак це неефективний спосіб довгострокового контролю бур'янів. Використання ґрунтових гербіцидів забезпечило б інший результат, але в Канаді вони не зареєстровані на вербі енергетичній [137, 138]. Водночас застосування пластикової мульчі добре вивчено. Основними її перевагами, крім контролювання бур'янів, є підвищення температури ґрунту та зменшення випаровування вологи. З практичного ж погляду є кілька мінусів – пластикова мульча дорога, вимагає певного технічного обслуговування, легко пошкоджується (особливо, коли врожай збирають у коротких циклах культури), сприяє розвитку гризунів (мишей), які можуть серйозно зашкодити рослинам верби [139, 140, 141, 142, 143, 144, 145].

1.6. Біологічні особливості міскантусу

Рід Міскантус (*Miscanthus* Anderss.) належить до підродини просові (Panicoideae), родини тонконогові, або злакові (Gramineae), класу однодольні (Monocotyledoneae), відділу покритонасінні (Angiospermales). Рід походить із тропіків і субтропіків, але різні види трапляються в широкому кліматичному діапазоні Східної Азії [151]. Приблизно 20 видів поширені в тропічній, субтропічній і теплопомірній зонах Азії, Африки, Далекого Сходу та Австралії [156]. Найпоширенішими з них є 11 видів: *M. floridulus* (Labill.) Warb., *M. intermedius* (Honda) Honda, *M. longiberbis* Nakai, *M. lutaripariis*, *M. oligostachyus* Stapf., *M. papiculatus* (B.S.Sun) Renvoize & S.L.Chen, *M. sacchariflorus* (Maxim.) Hack., *M. sinensis* Anderss., *M. tinctorius* (Steud), *M. transmorrisonensis* Hayata, *M. × giganteus* Greef & Deuter ex Hodkinson and Renvoize [156, 157, 158, 159]. Також наявні дані, що рід має від 17–20 до понад 40 морфологічних видів.

Міскантус походить із Південно-Східної Азії, Китаю, Японії, Полінезії і Африки. Рослини мають висоту 80–200 см, утворюють великі кущі. Стебла пряморослі, листові пластинки завширшки 0,5–1,8 см, лінійні або ланцетолінійні, дуже жорсткі. Волоть завдовжки 10–30 см із довгими бічними гілочками і сильно вкороченою загальною остю. Коренева система потужна, глибока та поширюється углиб ґрунту до 2,5 м.

З огляду на надзвичайно високу адаптивність рослин роду *Miscanthus* їх використовують для отримання біоетанолу, целюлози, тепло- та електроенергії, а також як декоративні форми для різних варіантів озеленення [146, 147, 148, 149, 150, 151, 152].

Рослини роду *Miscanthus*, як і будь-які багаторічні злаки, за будовою являють собою симподіальну систему пагонів послідовних порядків, які змінюють один одного. Кожен пагін є монокарпічним. Закладається в пазусі листка материнського пагона. Пагін проходить послідовні фази – бруньки, вегетативного та генеративного пагона і завершує цикл утворенням плодів та насіння. У кінці плодоношення монокарпічні пагони відмирають, за винятком базальної частини, де розміщені органи поновлення, які дають початок дочірнім пагонам і додатковим кореням. Монокарпічний пагін є основним структурним елементом багаторічної трав'янистої рослини. Послідовні метамери, які складають пагін, змінюються закономірно, відповідно до внутрішніх властивостей і зовнішніх чинників [112, 153, 154].

Водночас, найцікавішими для виробництва твердого палива є три види: *M. sinensis* – міскантус китайський, *M. sacchariflorus* – міскантус цукроквітковий та *M. × giganteus* – міскантус гігантський [160]. Назва міскантус походить від грецьких слів «mischos» – ніжка та «anthos» – квітка, і пов'язане зі способом прикріплення колосків.

***Miscanthus sinensis* Anderss.** – вид, найпоширеніший у США та інших країнах. У природі поширений на Далекому Сході Росії, Китаї, Кореї і Японії [161, 162, 163]. Відзначається коротким кореневищем, має пухкий кущ із

пряморослими, вкритими листям у нижній частині стеблами до 300 см заввишки (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Загальний вигляд *Miscanthus sinensis*

У культурі з 1875 р. Зимостійкість відносна.

***Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack** – росте на вологих луках, піщаних берегах річок, лісових галявинах, відкритих кам'янистих схилах від Амурської області до півдня Приморського краю, Кореї, Китаї, Японії [164, 165]. Вид довгокореневищний, до 200 см заввишки. Стебла голі. Листя лінійне до 60 см завдовжки. Волотисте суцвіття біле або рожево-сріблясте завдовжки до 25 см. Будучи теплолюбним, починає відростати пізно навесні, але потім у теплий сезон росте активно й потужно. Цвіте в липні, декоративний до жовтня [166].



Рис. 1.7. Загальний вигляд *Miscanthus sacchariflorus*

За морфобіологічним описом рослин, здійсненим Т. О. Щербаковою та Д. Б. Рахметовим [166], види різняться між собою. Пагони починають розвиватися з бруньок під землею як спеціалізовані підземні пагони. Через деякий час вони виходять на поверхню, розгортаючи асиміляційні листки. Види характеризуються пізнім (постгенеративним) куцінням пагонів. Бруньки поновлення починають розгортатися після цвітіння восени в китайського міскантусу, або навесні в обох видів. В умовах Лісостепу і Полісся України закладення зачаткових пагонів та розвиток їхньої підземної та наземної частини відбуваються протягом двох років. Водночас від розкриття бруньок до цвітіння та плодоношення пагонів проходить один вегетаційний сезон.

Особливістю міскантусу китайського є коротке кореневище, що має 9–11 міжвузлів. Рослини характеризуються більшою довжиною та шириною листових пластинок і міжвузлів стебла. Кількість ризом у куці – 4–7 шт.

Міскантус цукровітковий довгокореневищний злак із більшою довжиною міжвузлів та їх кількістю – 18–24 шт., що зумовлює його вищу пагоноутворювальну здатність. Кількість ризом у кущі в перший рік вегетації становить 7–10 шт., у другий – 20–27 шт. [167]. Так, в умовах Житомирського Полісся середня висота рослин *M. sacchariflorus* першого року досягала 184,5 см, тоді як *M. sinensis* – 120 см [168].

***Miscanthus* × *giganteus* Greef & Deuter ex Hodkinson and Renvoize** – аллотриплоїдний стерильний гібрид, отриманий міжвидовою гібридизацією від схрещування диплоїдного китайського та тетраплоїдного міскантусу цукровіткового [169]. Перший раз був вирощений у Данії. Міскантус гігантський відзначається дуже міцною і глибокою кореневищною системою (до 2,5 м завглибшки) і високою наземною частиною, яка досягає висоти до 450 см. Діаметр пагонів становить від 1 до 3 см. Слід врахувати, що міскантус гігантський має стерильний пилок і розмножується вегетативно ризомами, які утворюються на 2–3 рік вегетації кореневищ, або через саджанці, що отримані в культурі *in vitro* [169, 170, 171].

Спочатку міскантус гігантський використовували як декоративну рослину. Тільки у 80-х рр. XX ст. він був випробуваний як біопаливо у Європі. Сьогодні його широко культивують в умовах Західної Європи і США, де досягає висоти 4 м. Листя у *M. × giganteus* лінійні, слабкожолобчасті, завширшки 3–4 см і завдовжки 100–120 см. Вони досить жорсткі, особливо по краях. Почергово розташовуються на міцних, стійких стеблах завтовшки 2,0–2,5 см. Глибина залягання кореневої системи становить до 25 см у перший та до 40 см у другий рік росту. Кількість ризом у кущі – 12–18 шт. Цвіте наприкінці вересня, але не щороку. Мабуть просто не встигає утворити суцвіття в нашому суворому кліматі. Проте, велетенська висота стебел і рясне дугоподібне листя надають йому високої декоративності. Кліматичні умови територій походження міскантусу сприяли його пристосуванню до високих температур й інтенсивного сонячного випромінювання. Швидкий ріст рослин обумовлений наявністю в нього особливого, продуктивнішого типу фотосинтезу C4, як у кукурудзи і

сорго, обмежений низькими температурами. Водночас генотипи більшості видів міскантусу є одними з небагатьох подібних рослин, які здатні зростати в умовах клімату Центральної та Східної Європи та забезпечувати високі врожаї біомаси. В умовах клімату України *M. × giganteus* починає рости у квітні, коли температура ґрунту досягає 10–12 °С, а закінчує з настанням приморозків у листопаді [172, 173, 174].



Рис. 1.8. Загальний вигляд *Miscanthus × giganteus*

Міскантус – витривала рослина, що росте на одному місці до 20–30 років і більше [175]. Він практично не потребує витрат на обробіток, а також на внесення добрив. Азоту йому необхідно менше, ніж іншим одно- та багаторічним травам. Висока ефективність використання азоту є результатом його переміщення в стебла весною і в ризоми – наприкінці вегетації. З огляду на те, що насадження міскантусу багаторічні, органічні добрива можна вносити в максимальній дозі 30 т/га. В умовах Європи міскантус проявляє підвищену стійкість проти хвороб і шкідників, тому не потрібно проводити

фітосанітарного оброблення площ, що не тільки зменшує затрати, але й запобігає забрудненню довкілля [176, 177, 178, 179, 180, 181].

Низькі експлуатаційні витрати на вирощування відкривають широкі можливості для використання цієї культури. Урожай збирається за допомогою звичайних кормозбиральних комбайнів, а отримана маса може йти безпосередньо на вироблення тепла або перероблятися в паливні брикети чи пелети (гранули). Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирої нафти [190]. На сьогодні міскантус вважається одним із найефективніших акумуляторів сонячної енергії на планеті [183, 184, 185]. Целюлоза рослинної біомаси являє собою практично невичерпне джерело поновної сировини, яке може бути конвертоване ферментативним шляхом у глюкозу. Зі свого боку, глюкоза є незамінною сировиною для мікробіологічних процесів отримання рідких і газоподібних видів палива (етанолу, бутанолу, етилену та ін.) [186, 187].

Садять ризоми міскантусу на глибину 6–10 см у кінці квітня – на початку травня з міжряддям 50 см, відстань між рослинам – 90–100 см. Весняні приморозки призводять до втрат насаджень, але завдяки високій регенераційній здатності рослин, вони значно менші. Після другого року вирощування рослини адаптуються і витримують температури нижче -20°C (навіть без снігового покриву). Продуктивність у перший рік невисока, проте на 3–4 році вирощування зростає і становить 25–30 т/га [188, 189]. Рослина має дуже розгалужену кореневу систему, тому її можна вирощувати на деградованих, піщаних, супіщаних ґрунтах та на схилах до 7° . Плантації міскантусу можна закладати на ґрунтах, які не придатні для інших сільськогосподарських культур. Оптимальний показник рН знаходиться в межах між 5,5 і 7,5, хоча цей вид стійкий до широкого діапазону кислотності ґрунтів. У разі низького рН ґрунту (нижче 5,5) слід провести вапнування. Проведені в Греції дослідження свідчать, що навіть за несприятливих кліматичних умов урожайність міскантусу може досягати 28–30 т сухої маси з 1 га [190, 191]. Восени потрібна поглиблена оранка, під яку застосовують добрива.

Здебільшого міскантус вирощують без добрив, передусім, щоб зменшити собівартість продукції. Дослідниками встановлено, що рослини міскантусу на родючих ґрунтах менше реагують на азоті та інші добрива. Це зумовлено високою ефективністю поглинання поживних речовин із ґрунту завдяки потужній кореневій системі та поверненню частини речовин із листям [192, 193]. Так, дослідження проведені D. G. Christian протягом 14 років не виявили суттєвого впливу азотних добрив на врожайність міскантусу [194, 195]. Водночас на супіщаних ґрунтах бідних на поживні речовини потрібно вносити мінеральні добрива перед закладанням насаджень культури [196, 197, 198]. Оптимальною дозою добрив на піщаному ґрунті є 75–100 кг/га д.р. азоту [199, 200, 201, 202].

Концентрація N, P, K і Mg у пагонах міскантусу є максимальною на початку вегетаційного періоду – у травні, а далі поступово знижуються [203, 204, 205]. Водночас концентрація цих елементів у кореневищах залишалася практично незмінною протягом усього року і не залежить від внесення азотних добрив. На основі цього, проаналізувавши вміст поживних речовин у дорослих рослинах міскантусу більш ніж у 10 країнах, дослідники встановили оптимальну дозу азотних добрив від 49 до 73,5 кг/га, яка залежить від умісту поживних речовин у ґрунті. Починаючи з третього року, зазвичай потрібно компенсувати поживні речовини, які забираються під час збирання врожаю з розрахунку $N_{4,9}P_{0,45}K_{7,0}$ грам на кілограм сухої речовини [205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212].

1.7. Контроль бур'янів у насадженнях міскантусу

Біологічною особливістю рослин міскантусу є довгий період від садіння до появи сходів (25–30 діб) та повільний ріст і розвиток у першій половині вегетації. Так, у перший рік він росте повільно, зазвичай досягаючи висоти до 2 м. Відповідно повільний початковий ріст міскантусу суттєво знижує його здатність конкурувати з бур'янами. Крім того, низька щільність садіння

залишає велику кількість незаповнених просторів на яких можуть рости бур'яни. У процесі садіння ризом міскантусу ми розрихлюємо ґрунт, тим самим сприяючи проростанню насіння бур'янів. Крім того, мала щільність садіння ризом залишає велику площу для активного росту бур'янів. Цілком зрозуміло, що на ранніх етапах молоді паростки міскантусу легко пригнічуються бур'янами [213, 214, 215, 216, 217, 218, 219].

Найбільшу конкуренцію бур'янів спостерігають протягом першого року вегетації і частково на другий рік. Критичним для міскантусу залишається вимерзання в першу зиму після садіння. Проте, за вдалої перезимівлі він здебільшого виживає у наступні зими і може витіснити всі інші рослини в полі, підвищуючи свою конкурентоспроможність завдяки інтенсивному росту рослин і сильному затіненню ґрунту [220, 221, 222, 223].

У структурі забур'янення насаджень міскантусу за даними Т. Sekutowski було виявлено приблизно 27 видів сегетальних і рудеральних бур'янів, які належали до різних класів [224]. Водночас, незалежно від року дослідження, найпоширенішим та найчисельнішим був пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould), який займав 50–75 % площі [225]. Серед видів бур'янів, типових для польових культур, щорічно відмічали: грицики звичайні, підмаренник чіпкий, мак дикий, зірочник середній, талабан польовий, осот рожевий та однодольні види, крім пирію: тимофіївка лучна, тонконіг лучний, метлюг звичайний. Менше були представлені: злинка канадська, деревій звичайний, полин звичайний, осот жовтий, подорожник великий, щавель кучерявий, кульбаба лікарська, пижмо звичайне, конюшина лугова. За даними досліджень, проведеними у різних країнах, основними засмічувачами і проблемними бур'янами в насадженнях міскантусу залишаються багаторічні види – пирій повзучий і осот польовий, а також широколисті дводольні [226, 227, 228]. Такі види здатні швидко освоювати наявні в молодих насадженнях міскантусу гігантського вільні екологічні ніші і найперше формують оптично щільне проективне покриття поверхні ґрунту своїми листками.

У роки проведення досліджень за виконання перших обліків (10 травня) у насадженнях міскантусу гігантського були зафіксовані сходи талабану польового – 11,0 %, гірчиці польової – 8,2, рутки лікарської – 7,4, гірчака почечуйного – 6,9, підмаренника чіпкого та гірчака березкоподібного – по 5,9, щиріці загнутої – 5,6, лободи білої – 4,1, куколиці білої – 3,3, осоту рожевого 4,9 % та інших видів. Однодольні види представлені плоскухою звичайною – 8,7 % та мишієм сизим – 4,9 %. У наступні періоди спільної вегетації молодих рослин міскантусу гігантського і бур'янів інтенсивність появи нових сходів диких видів істотно зменшилася, що може бути пояснено поступовим і все щільнішим оптично проективним покриттям поверхні ґрунту листками рослин, що розпочали вегетацію раніше.

На час проведення обліків максимальна чисельність бур'янів у насадженнях міскантусу в середньому становила 119,5 шт./м². Наймасовішими були плоскуха звичайна, мишій сизий, талабан польовий, гірчиця, осот жовтий, лобода біла та деякі інші види [129, 130].

Структура забур'янення і кількість видів бур'янів суттєво залежала від типу ґрунту. Так, за даними польських дослідників [231], на важкому суглинку бур'яни були представлені 37 видами, тоді як на супіщаному легкому ґрунті – 33-ма. Кількість видів бур'янів була більшою в насадженнях міскантусу, який вирощували на важких ґрунтах – 103 шт./м², на легких ґрунтах – 89 шт./м² у червні та 47 і 20 шт./м² у серпні відповідно. Відсоток проективного покриття також був вищим на важких ґрунтах (70 % у червні і 37 % у серпні), порівняно з міскантусом вирощеним на легких ґрунтах (23 % у червні і 8 % у серпні). Серед видового складу бур'янів в умовах Люблінської дослідної станції (2010–2011 рр.) у червні на важких глинистих ґрунтах найчисельнішою була злинка канадська *Conyza canadensis* (L.), на супіщаних – грицики звичайні *Capsella bursa-pastoris* (L.). Так, для важкого суглинку характерні бур'яни, які ростуть на родючих ґрунтах, забезпечених поживними речовинами, особливо азотом, домінували види: незабутниця дрібноквіткова, лобода біла, жабрій звичайний; у меншій кількості поширені подорожник великий, глуха кропива пурпурова,

лобода багатонасінна, конюшина польова, ромашка непахуча, осот жовтий, кропива дводомна, вероніка, підмаренник чіпкий, паслін чорний, ромашка запашна, щириця звичайна, горошок волохатий. На легкому суглинку характерні бур'яни: злинка канадська, фіалка польова, хвощ польовий, фіалка польова, деревій звичайний, мак дикий, Шпергель звичайний, щавель звичайний, ситник жаб'ячий, хвощ польовий.

Отже, зі всього видового складу лише 20 % видів були спільними засмічувачами насаджень міскантусу на різних типах ґрунтів, що потрібно враховувати за вирощування рослин.

Забур'яненість насаджень міскантусу також залежала і від щільності рослин. Так, дослідження проведені в Сербії показали, що в умовах високої щільності садіння міскантусу (три кореневища на 1 м²) порівняно з низькою (одне кореневище на 1 м²), бур'яни утворюють значно меншу масу. Вплив щільності садіння значно проявляється на родючих чорноземних ґрунтах, тоді як на важких глинистих ґрунтах в другу половину вегетації рослин. За вищої щільності садіння міскантусу поширення бур'янів знижується, тому що рослини утворюють більшу кількість вторинних стебел і швидше закривають простір між рядами [232, 233, 234, 235].

В осінній період насадження міскантусу здатні протистояти бур'янам, тож їхня кількість різко знижується. Водночас активно вегетують дво- і багаторічники, такі як березка польова і зимуючі форми зірочника середнього. З однодольний спостерігали сходи тонконога однорічного [236, 237, 238].

Контроль бур'янів як хімічними, так і механічними методами проводять до і після проростання ризомів, ідеально протягом перших трьох місяців після садіння. Слід враховувати, що несвоєчасне контролювання бур'янів у процесі вегетації міскантусу в перший рік вегетації не тільки затримує ріст рослин, але й може спричинити відсутність кущення, рослина не зможе перезимувати, а відповідно є ризик утратити весь урожай. Також важливим є очищення площ під майбутні плантації міскантусу від багаторічних та проблемних видів

бур'янів. Для цього з осені, або до садіння ризом вносять гербіцид суцільної дії Раундап нормою 4,0–6,0 л/га, а потім проводять оранку [239, 240, 241, 242, 243].

Таким чином на полях, де планується закладення багаторічних енергетичних культур, до початку садіння проводять комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на знищення бур'янів: поліпшений обробіток ґрунту, застосування гербіцидів суцільної дії, суцільні культивації на глибину загортання садивного матеріалу [244, 245, 246, 247, 248].

У науково-дослідних випробуваннях європейських учених якісне контролювання бур'янів на плантаціях міскантусу забезпечують ґрунтові гербіциди Дуал Голд, Антразін, Стомп, Трофі, а для контролю широколистяних бур'янів вносять 2,4-Д, мезотріон, дикамбу [249, 250]. Так, протягом 14 днів після садіння вносять Стомп, 4 л/га разом із 0,18–0,2 л/га д.р. ізоксабен і за потреби інсектицид, але норма витрати води повинна становити 500 л/га. Діюча речовина ізоксабен, 125 г/л, розроблена Dow AgroSciences, забезпечує тривалий контролювання більш ніж 95 видів широколистяних бур'янів. Пендиметалін – високоактивний проти однорічних злакових та дводольних бур'янів, знищує проростки і сходи. Захисна дія триває до дев'яти тижнів. Діюча речовина поглинається коренями і пагонами бур'янів. Бур'яни, які зазнали дії препарату, незабаром після проростання гинуть. Гербіциди повинні застосовуватися безпосередньо після садіння ризом, проте не пізніше ніж через п'ять днів після цього. Якість підготовки ґрунту має вирішальне значення для ефективної дії гербіцидів [251].

Після появи пагонів можна застосовувати селективні гербіциди проти дводольних видів бур'янів. Зазвичай здебільшого використовують сульфенілсечовини метсульфурон-метил. Також досить добре зарекомендувала себе 2,4-Д диметиламінна сіль разом із дикамбою [252]. Диметиламінна сіль – належить до похідних феноксиоцтової кислоти. Рух 2,4-Д по рослині відбувається під дією осмотичних і транспіраційних процесів. Під впливом діючої речовини в рослині відбуваються глибокі негативні зміни в процесах обміну речовин, зокрема біосинтезі структурних і ферментних білків, які

призводять до розкладу всіх складників метаболізму рослинного організму та його загибелі.

Дикамба належить до групи похідних бензойної кислоти. Поглинання діючої речовини відбувається через наземні органи рослин і частково через кореневу систему. Вона одночасно впливає на декілька процесів в рослинному організмі: пригнічує фотосинтез, порушує синтез білків і процеси поділу та росту клітин рослини. Таким чином діючі речовини рухаються по рослині в усіх напрямках, пригнічуючи процеси обміну, що призводить до загибелі вегетативної маси та кореневої системи бур'янів. Перші ознаки дії проявляються у вигляді втрати тургору. Остаточна загибель бур'янів відбувається впродовж двох тижнів. Оптимальна температура повітря для застосування гербіциду становить 12–24 °С. Не рекомендується вносити препарат за температури повітря вище 30 °С.

Діючу речовину метсульфурон-метил застосовують проти однорічних та деяких багаторічних дводольних бур'янів. Протягом 1–4 годин проникає в рослину і системно пересувається по флоемі та ксилемі, інгібує фермент ацетолактатсинтази, який бере участь у біосинтезі незамінних амінокислот – ізолейцину, лейцину, валіну. Ростові процеси чутливих бур'янів припиняються через кілька годин (протягом доби) після обприскування. Повна загибель бур'янів залежно від фази розвитку рослини, їх чутливості, погодних умов настає протягом наступних 20–30 діб. За даними зарубіжних учених метсульфурон-метил є досить безпечним гербіцидом у плантаціях міскантусу і не пригнічує його за висоти пагонів до одного метра. Тому цей препарат можна використовувати на плантаціях міскантусу два і більше років для контролювання дводольних видів бур'янів [252, 253, 254].

Зарубіжними дослідниками визначено діючі речовини та їхні максимально допустимі норми, за яких не спостерігали суттєвої фітотоксичної дії на міскантус. Водночас іншими дослідженнями показано, що внесення гербіцидів як до-, так і післясходово спричиняє зменшення врожаю міскантусу

в перший і другий рік порівняно з абсолютним контролем, коли культура вегетувала без бур'янів [255, 256, 257].

Гербіциди, які вносять у ґрунт до появи сходів культури: д.р. ацетохлор, 90 %, максимальна норма внесення становить до 9,79 кг/га; атразин, 50 % – до 6,74 кг/га (посходово – до 4,49 кг/га); імазапир, 70 % – до 0,070 кг/га; ізоксафлютол, 75 % – до 0,17 кг/га; пендиметалін, 33 % – до 6,7 л/га; продіамін, 65 % – до 0,73 кг/га; S-метолахлор, 96 % – до 7,14 л/га; диметенамід-П, 72 % – до 1,1 л/га; сафлуфенацил, 50 % – до 0,10 кг/га [258, 259].

Діюча речовина сафлуфенацил від компанії BASF (зареєстрована для захисту від бур'янів у посівах пшениці, ячменю, тритикале в Канаді та Північній Америці під торговою маркою Kixor®) за хімічною структурою належить до гетероциклічних сполук із двома гетероатомами, є потужним інгібітором біосинтезу хлорофілу, приводить до швидкого накопичення активних форм кисню і пероксидації ліпідів клітинних мембран. Відповідно мембрани клітин втрачають цілісність, що спричиняє загибель бур'янів.

Гербіцид Фронт'єр Оптіма (диметенамід-П), як і інші хлорацетаніліди, блокує ферменти, що призводить до пригнічення окисного фосфорилювання, а потім до порушення утворення білків. Мітоз сповільнюється, процеси розтягування клітин і ріст кореня зупиняється. За спектром дії контролює однорічні злакові види та деякі дводольні бур'яни. Діюча речовина продіамін із групи динітроаніліни зареєстрована проти одно- і багаторічних однодольних видів і широколистих бур'янів на бавовні, люцерні, сої з нормою витрати 2,3–4,6 кг/га.

Гербіцид Мерлін® (Байер) зареєстрований на кукурудзі з нормою витрати 0,10–0,15 кг/га. Його діюча речовина ізоксафлютол діє системно, поглинається кореневою системою та листям бур'янів і пересувається в рослинах. Препарат блокує фермент, який бере участь у ключових етапах біосинтезу каротиноїдів. Це спричиняє знебарвлення рослин бур'янів. Бур'яни, які з'являються, знебарвлюються по мірі того, як діюча речовина проникає в рослину через кореневу систему. Після внесення в ґрунт ізоксафлютол перетворюється в

дикетонітріл. Уміст і співвідношення ізоксафлютолу та дикетонітрілу в ґрунті напряду залежать від його вологості. Чим вища вологість ґрунту, тим інтенсивніше утворюється дикетонітріл. Ізоксафлютол слабо пересувається вниз по профілю і практично весь залишається на поверхні ґрунту. Дикетонітріл мобільніший, він пересувається вниз по ґрунтовому горизонту і локалізується у вигляді смуги в зоні розташування основної маси коренів бур'янів.

Післясходові гербіциди з групи синтетичних ауксинів: д.р. амінопіралід, 45 %, максимальна норма внесення до 0,27 кг/га; клопіралід, 75 % – до 0,48 кг/га; 2,4-Д у формі етилу, 60 % – до 1,06 л/га; дикамба, 54 % – до 1,12 кг/га; дихлорпроп (хлорфеноксировий гербіцид, за структурою подібний до 2,4-Д), 60 % – до 3,33 л/га; флуороксіпір, 33 % – до 0,36 л/га; 2М-4Х (мекопроп), 35 % – до 3,6 л/га; МЦПА у формі солей диметиламіну натрію, 35 % – до 3,75 л/га [260, 261, 262].

Гербіциди групи «Інгібітори ацетолактатсинтази» (ALS): форамсульфурон, 30 % – до 0,02 кг/га; галосулфурон-метил – до 0,07 кг/га; метсульфурон метил, 60 % – до 0,006 кг/га; нікосулфурон, 4 % – до 0,02 кг/га; римсульфурон, 50 % – до 0,08 кг/га. Інгібітори 4-гідроксифенілпіруватді-оксигенази (4-ГФПД), до яких належать оксазолів (топрамезон, ізоксафлютол) та трикетонові (мезотріон, темботріон) гербіциди: мезотріон, 48 % – до 0,42 л/га; темботріон, 20 % в Україні зареєстрований як компонент гербіциду Лаудіс® (Bayer) – до 0,04 кг/га. Серед інших діючих речовин: бромоксініл, 22,5 % – до 1,12 л/га; ізопротурон, 50 % – до 2,0 л/га [263, 264, 265].

Комбінація діючих речовин форамсульфурон, 300 г/кг + йодосулфурон, 20 г/кг + ізоксадифен-етил (антидот), 300 г/кг (МайсТер, в.г.) нормою 150 г/га разом із прилипачем у насадженнях міскантусу приводила до суттєвої фітотоксичності рослин. Так, гербіцид МайсТер, в.г. випробовували у два періоди: перший 14–20 діб після садіння (ВВСН – 11–13) і другий – фаза 5–7 листків рослин міскантусу (ВВСН – 25–30). Фітотоксичність гербіциду оцінювали на 7, 14, 28 і 56 добу після внесення. Через 7 і 14 діб незалежно від

фази внесення на листках міскантусу відмічали хлорози, а в подальшому некроз листя, через 28 діб і до кінця вегетації – затримку та сповільнення росту. На період другого внесення через 56 діб зафіксовано знищення 95 % рослин. Подібні результати отримано за внесення у вищезгадані періоди гербіциду Тітус, в.г. нормою 60 г/га разом із Трендом – 0,2 л/га. Зокрема, через 7 і 14 діб спостерігали хлороз листя, а в наступні періоди некроз міскантусу. Однак це не призводило до загибелі рослин, лише до їхнього відставання в рості порівняно з контрольним варіантом [266].

Після збирання врожаю міскантусу бур'яни, що проросли, складають малу конкуренцію і відповідно вплив на врожай. Однак у разі появи багаторічників, або нових видів бур'янів слід вносити гербіциди на основі діючої речовини ізопропіламінна сіль гліфосату (гліфасат).

Зареєстрованих гербіцидів на плантаціях міскантусу дуже мало. У 2015 р. Міністерство сільського господарства у штаті Альканзас США дозволило на плантаціях міскантусу застосовувати д.р. гліфосат перед садінням; ацетохлор – за садіння до сходів культури, нормою 1,5 л/га, але не більше 3,0 л/га за сезон; суміш ацетохлору + атразин за садіння до висоти культури 5–8 см, нормою 1,5–2,0 л/га, але не більше 4,0 л/га [264]. Ацетохлор – гербіцид із класу хлорацетаміди, контролює однорічні злакові і дводольні бур'яни, не діє на пророслі. Після внесення в ґрунт речовина залишається у верхньому шарі, проникаючи в бур'яни через корені й проростки, зберігає гербіцидну активність до 12 тижнів. Атразин належить до похідних триазину, проникає в рослини переважно через корені. Під його впливом у чутливих бур'янів зупиняється ріст, оскільки він руйнує хлоропласти і пригнічує фотосинтез. У країнах Євросоюзу такий гербіцид заборонений.

Крім вищезгаданих зареєстрованих гербіцидів застосовують ще квінклорак – діюча речовина гербіциду Фацет, 25 %, к.с. фірми БАСФ та алахлор – гербіцид Лассо-43, к.е. для контролю післясходових однорічних злакових трав. Квінклорак – селективний післясходовий гербіцид, поглинається через листя, застосовують проти однорічних злакових та деяких

двосім'ядольних видів бур'янів у посівах рису з нормою витрати 1,0–1,8 л/га. Алахлор – ґрунтовий гербіцид контактної дії, застосовується проти однорічних злакових та деяких двосім'ядольних бур'янів до сівби або до появи сходів із нормою витрати 1,0–2,8 л/га з терміновим зароблянням у ґрунт за допомогою передпосівної культивуації або досходового боронування на глибину 3–5 см.

За даними Anderson E. K. [267, 268, 269, 270] перед садінням ризом рекомендується вносити д.р. пендеметалін, або гербіцид Харнес, але з нормою витрати води 500 л/га, а по вегетації вносять д.р. мезотріон, 2,4-Д, дикамба, атразін. Після появи пагонів здебільшого застосовують сульфонілсечовину, метсульфурон-метил, але також добре себе зарекомендувала композиція 2,4-Д + дикамба нормою 1,25 л/га – це гербіцид Діален Супер 464 SL, в.р.к., який зареєстрований на пшениці, ячменю та кукурудзі. Мезотріон належить до класу трикетонів, аналогу природних гербіцидів. Системна діюча речовина поглинається через листя, а за досходового обробітку адсорбується кореннями, проростками бур'янів і переміщується в листки. Мезотріон також має пролонговану ґрунтову дію, а тому здатний контролювати появу декількох наступних хвиль однорічних дводольних бур'янів. Дикамба належить до синтетичних ауксинів, що проникають у рослини через тканини наземних органів та коренів, блокуючи при цьому поділ ростових тканин, що призводить до повної загибелі бур'янів. Переважно застосовують для контролювання багаторічних коренепаросткових видів бур'янів [271, 272, 273].

У Сербії дослідні ділянки рослин міскантусу були оброблені сумішшю Калісто (480 г/л мезотріону) у нормі 0,15 л/га + Хармоні (750 г/кг тифенсульфурон-метилу) – 2,5 г/га + ПАР Тренд – 0,15 л/га протягом першого року після садіння. У наступні роки будь-яких заходів контролю бур'янів не проводили [274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281].

За показниками ефективності захисної дії в насадженнях міскантусу гербіциди можна розмістити в такій послідовності: Нельсон 500, к.с. – 80,4 %, Мерлін 750, в.р.г. – 78,0 %, Фронт'єр Оптіма, к.е. – 72,0 %, Трофі 90, к.е. – 68,7 %, Дуал Голд 960, к.е. – 67,5 %. Усі гербіциди ґрунтової дії були

селективними до рослин культури і не спричиняли їхнього пригнічення. Захисна дія препаратів ефективно контролює появу сходів бур'янів у посівах протягом 30–40 діб після внесення [277, 278, 279]. Серед посходових гербіцидів у насадженнях міскантусу гігантського найвищий рівень ефективності захисної дії виявили препарати МайсТер Пауер, о.д. і Мілагро 040, к.с. – зниження чисельності сходів бур'янів у результаті їхньої дії було 94,9 і 89,0 % відповідно [282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293].

Водночас потрібні подальші дослідження, щоб визначити безпечність внесення гербіцидів, а також забезпечити їхній тривалий контроль [294, 295, 296].

Механічний обробіток можна застосовувати лише для контролювання сходів бур'янів у ранній початковий період вегетації. Так, ефективною є культивація роторним культиватором між рядами рослин протягом першого і другого року після садіння [267]. Досліджено агротехнічні заходи захисту від бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського (кореневища висаджені рядками з міжряддями завширшки 70 см). Було передбачено проведення системи послідовних обробітків міжрядь ґрунтообробними знаряддями: лапами культиватора, сітчастими боролами та зрізування сходів бур'янів біля поверхні ґрунту вручну. Обробітки міжрядь проводили послідовно тричі з інтервалами 15 діб. У середньому за роки досліджень триразовий прохід культиваторних лап (навісний культиватор КРН-4,2) у міжряддях (глибина обробітку – 6–8 см) забезпечував контроль сходів бур'янів протягом періоду культивацій на рівні 79,5 %. Водночас відмічали часткове пошкодження нових придаткових коренів рослин культури, а також появу нової хвилі сходів бур'янів унаслідок вигортання з глибших шарів ґрунту на поверхню їхнього насіння.

Сітчасті борони найефективніше діють на рослини бур'янів від фази їхніх проростків до формування чотирьох листків. Зниження чисельності бур'янів за роки досліджень досягало в середньому 81,5 %. У результаті виконання трьох послідовних зрізувань рослин бур'янів у фазах 2–4-х листків сумарне зниження

їхньої чисельності в роки проведення досліджень досягало 86,1 % [301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314].

Недоліком усіх систем механічного захисту насаджень міскатусу гігантського від бур'янів є неможливість забезпечення контролювання небажаних сходів у зоні рядків.

Отже, контролювання бур'янів у насадженнях міскантусу повинне ґрунтуватися на поєднанні механічного обробітку, застосування до- і післясходових гербіцидів, а також внесення гербіциду суцільної дії (гліфосат) після збирання врожаю.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБУР'ЯНЕННЯ НАСАДЖЕНЬ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

2.1. Забур'янення насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації

Вирощування біоенергетичних культур для отримання сухої біомаси має свої особливості, які передусім залежать від ботанічних та біохімічних особливостей конкретних видів рослин.

Міскантус гігантський є високопродуктивним гібридом, що здатний формувати потужні рослини, бути довговічним і проявляти високу біологічну продуктивність, однак в умовах України не спроможний утворювати насіння. Відповідно специфіка цієї біоенергетичної культури потребує певної адаптації технології закладання і вирощування її плантацій.

Для розмноження й закладання високопродуктивних плантацій міскантусу гігантського доводиться формувати насадження за допомогою органів вегетативного розмноження таких рослин. Розмножують міскантус гігантський за допомогою добре розвинених спеціалізованих підземних пагонів – кореневищ (ризом), які добре вкорінюються на новому місці й утворюють нові рослини.

Такий спосіб закладання насаджень є затратнішим порівняно з висівом насіння, проте сьогодні в практиці виробничого вирощування біоенергетичного сухого палива інших реальних способів створення плантацій міскантусу немає.

Технологія вирощування насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації після садіння кореневищ (ризом) у ґрунт має свої складнощі. На початкових етапах органогенезу молоді рослини культури, що розпочали свою вегетацію з кореневищ, є відносно слабкими і мало конкурентоздатними до рослин бур'янів, що разом із ними освоюють вільну екологічну нішу, якою є нове насадження.

Молодим рослинам культури після формування молодих наземних частин – листків і перших стебел, потрібно вкорінитися на новому місці вегетації. Перші наземні зелені органи сформуються за рахунок наявних у кореневищі запасів пластичних речовин, то наступні етапи росту й розвитку проходять завдяки новим пластичним речовинам, синтезованим у зелених частинах молодих рослин у процесі фотосинтезу. Ріст і розвиток нових рослин міскантусу гігантського відбувається у формі специфічних біологічних ритмів, що послідовно і логічно змінюють та доповнюють один одного. Після утворення перших зелених листків і досягнення ними понад 2/3 розмірів своїх листових пластинок, розпочинається активний ріст і розвиток нових придаткових коренів від кореневищ. Рослини надійно закріплюються в орному шарі ґрунту і забезпечують наземну частину потрібними обсягами води та мінерального живлення. Утворені в процесі фотосинтезу пластичні речовини переважно будуть використані на процеси росту й розвитку нових листків і стебел, закладання нових вузлів кущіння, поновлення запасів пластичних речовин у підземних багаторічних частинах рослин.

Процеси формування й розвитку потрібних для успішної вегетації частин рослин культури обмежує їхню здатність протистояти агресивним видам бур'янів, що обганяють молоді рослини міскантусу гігантського за показниками висоти стебел і розміщення листового апарату над сусідами.

Саме така біологічна особливість вегетації рослин культури в перший рік після садіння кореневищ потребує втручання людини. Землероб має взяти на себе функції забезпечення молодих рослин міскантусу гігантського чинниками існування, потрібними для успішного росту й розвитку, через зниження конкуренції за такі чинники небажаних рослин-сусідів – бур'янів.

Метою проведених у 2012–2016 рр. досліджень було уточнення особливостей процесів забур'янення насаджень міскантусу гігантського в перший рік його вегетації, визначення специфіки видового складу, динаміки появи сходів, змін показників проективного покриття площі листовим

апаратом, а також оцінювання величини негативного впливу бур'янів на рослини культури.

Погодні умови в роки виконання дослідів різнилися між собою, проте загалом були сприятливими для процесів росту й розвитку молодих рослин культури. Методику проведення досліджень докладно наведено в розділі 2.

Кореневища міскантусу гігантського в роки досліджень висаджували в другій-третій декадах квітня. Проведення суцільної культивації площі перед садінням ризом культури забезпечувало повне знищення сходів зимуючих і частини ранніх ярих бур'янів. Отже, завдяки цій агротехнічній операції ми не тільки створювали оптимальні умови для культурних рослин, а й забезпечували рівномірніше з'явлення сходів бур'янів.

На час проведення перших обліків бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського (10.05) у середньому за роки досліджень були зафіксовані сходи талабану польового (*Thlaspi arvense* L.) – 4,3 шт./м², гірчиці польової (*Sinapis arvensis* L.) – 3,2, рутки лікарської (*Fumaria officinalis* L.) – 2,9, підмаренника чіпкого (*Gallium aparine* L.) – 2,3, гірчака березкоподібного (*Polygonum convolvulus* L.) – 2,3, куколиці білої (*Melandrium album* (Mill.) Garke.) – 1,3, осоту рожевого (*Cirsium arvense* L.) – 1,2 шт./м² та інших видів. Загальна чисельність сходів бур'янів у цей період становила в середньому 38,8 шт./м² (табл. 2.1).

Наявність незайнятих екологічних ніш у насадженнях міскантусу гігантського на перших етапах його органогенезу в поєднанні з високими потенційними запасами насіння й органів вегетативного розмноження диких рослин-експлерентів – бур'янів за сприятливих умов середовища, забезпечували швидку появу, ріст і розвиток усіх без винятку зелених рослин. Однак бур'яни, за умов достатньої кількості чинників живлення, мали значні переваги над міскантусом гігантським як стосовно захоплення вільних екологічних ніш, так і ефективного використання сонячної енергії в першій половині вегетації.

**Динаміка чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського,
середнє за 2012–2016 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Лобода біла	1,6	4,6	4,8	4,9	4,9
Щириця звичайна	2,2	4,1	4,5	4,7	4,7
Просо півняче	3,4	20,9	31,3	31,5	31,5
Мишій сизий	1,9	15,8	16,7	16,9	16,9
Гірчак березкоподібний	2,3	5,9	5,9	5,9	5,9
Гірчак почечуйний	2,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Талабан польовий	4,3	6,1	6,1	6,1	6,5
Фіалка польова	0,9	1,2	1,2	1,2	1,2
Рутка лікарська	2,9	4,2	4,2	4,2	4,4
Підмаренник чіпкий	2,3	1,0	1,0	1,0	1,3
Гірчиця польова	3,2	6,1	6,1	6,1	6,4
Паслін чорний	1,1	2,7	2,9	3,0	3,0
Спориш звичайний	2,1	3,2	3,3	3,3	3,3
Куколиця біла	1,3	1,9	2,0	2,0	2,0
Осот жовтий	1,1	5,7	5,9	6,1	6,1
Осот рожевий	1,9	3,4	3,7	3,7	3,7
Інші види	3,6	13,3	14,2	14,5	14,8
Бур'яни, усього	38,8	105,8	119,5	120,8	122,3
НІР _{0,05}	0,12	0,20	0,22	0,23	0,26

Поява нових сходів бур'янів, навіть одного виду, традиційно мала розтягнутий у часі характер і тривала від двох тижнів до кінця вегетаційного періоду. Відносно дружними були сходи однорічних злакових видів – проса півнячого, мишію сизого (*Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv.), видів гірчаків (*Polygonum*). Найбільш розтягнутою в часі була поява сходів у лободи білої

(*Chenopodium album* L.), щириці загнутої (*Amaranthus retroflexus* L.) та деяких інших видів.

Протягом наступного місяця спільної вегетації рослин міскантусу гігантського з бур'янами чисельність останніх у насадженнях істотно зростає. На час проведення наступних обліків бур'янів (10.06) їхня середня чисельність у насадженнях становила 105,8 шт./м², або збільшилася порівняно з попереднім періодом у 2,7 рази.

У наступні періоди спільної вегетації міскантусу гігантського та бур'янів інтенсивність появи нових сходів диких видів істотно зменшилася, що може бути пояснене поступовим і все більш щільним оптично проективним покриттям поверхні ґрунту листками рослин, що розпочали вегетацію раніше.

За обліків забур'яненості насаджень культури 10.07 чисельність бур'янів у середньому становила 119,5 шт./м², або збільшилася порівняно з показниками попереднього облікового періоду на 12,9 %.

Наймасовішими в насадженнях міскантусу гігантського були просо півняче (*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv.) – 31,3 шт./м², мишій сизий – 16,7, талабан польовий – 6,1, гірчиця польова – 6,1, осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.) – 5,9, лобода біла – 4,8 шт./м² та інші види.

У наступні періоди вегетації насаджень, за повного проективного покриття поверхні поля листками рослин, поява нових сходів бур'янів була ускладнена дефіцитом сонячної променевої енергії. З огляду на це, станом на 10.08 показник середньої чисельності бур'янів був близьким до значень попереднього облікового періоду – 120,8 шт./м².

На час проведення останніх вегетаційних обліків (10.09) була зафіксована нова тенденція у зміні чисельності рослин бур'янів у насадженнях культури. Рослини багатьох видів бур'янів – щириці загнутої, лободи білої, гірчака почечуйного (*Polygonum persicaria* L.), гірчака березкоподібного (*P. convolvulus* L.), фіалки польової (*Viola arvensis* Murr.), підмаренника чіпкого, споришу звичайного (*Polygonum aviculare* L.), куколиці білої та інших, перебували на сенільному етапі онтогенезу, закінчували формування насіння і поступово

відмиralи. Площа їхніх листків унаслідок висихання та подальшого опадання зменшувалася. Відповідно падаючий потік енергії ФАР сонячних променів повніше доходив до поверхні ґрунту. Такі умови сприяли появі нових сходів рослин бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського. Насамперед це були такі види, як рутка лікарська, гірчиця польова, підмаренник чіпкий, талабан польовий та інші.

Узагальнення динаміки змін чисельності бур'янів, що були присутні в насадженнях міскантусу гігантського першого року вирощування, дає змогу розділити вегетацію культури на три специфічні періоди:

Перший період – початок активної вегетації всіх рослин, що присутні в насадженнях та їхній інтенсивний ріст і розвиток. Освоєння рослинами наявних вільних екологічних ніш у насадженнях і створення проективного покриття, що зменшує частку надходження сонячних променів, передусім потоку енергії ФАР до поверхні ґрунту;

Другий період – досягнення максимально гострої конкуренції в насадженнях за чинники життя, насамперед за енергію світла між рослинами культури і рослинами бур'янів різних видів. За таких умов поява нових рослин бур'янів майже повністю припиняється;

Третій період – рослини бур'янів і культури поступово починають зменшувати площу свого листя, завершують формування насіння і зменшують оптичну щільність проективного покриття поверхні ґрунту в насадженнях. Наявність у верхньому шарі ґрунту вологи в поєднанні з наявністю світла, запасів насіння і мінерального живлення забезпечує появу нових сходів бур'янів, переважно зимуючих видів.

Для повнішого розуміння всіх закономірностей формування та розвитку агрофітоценозу важливо знати не тільки, які бур'яни перебувають у насадженнях міскантусу гігантського, а й те, наскільки інтенсивно вони збільшують свою чисельність упродовж вегетації. Так, на рисунку 2.1 подано відсоток зміни чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського між першим (10.05) та останнім обліковим періодом (10.09).

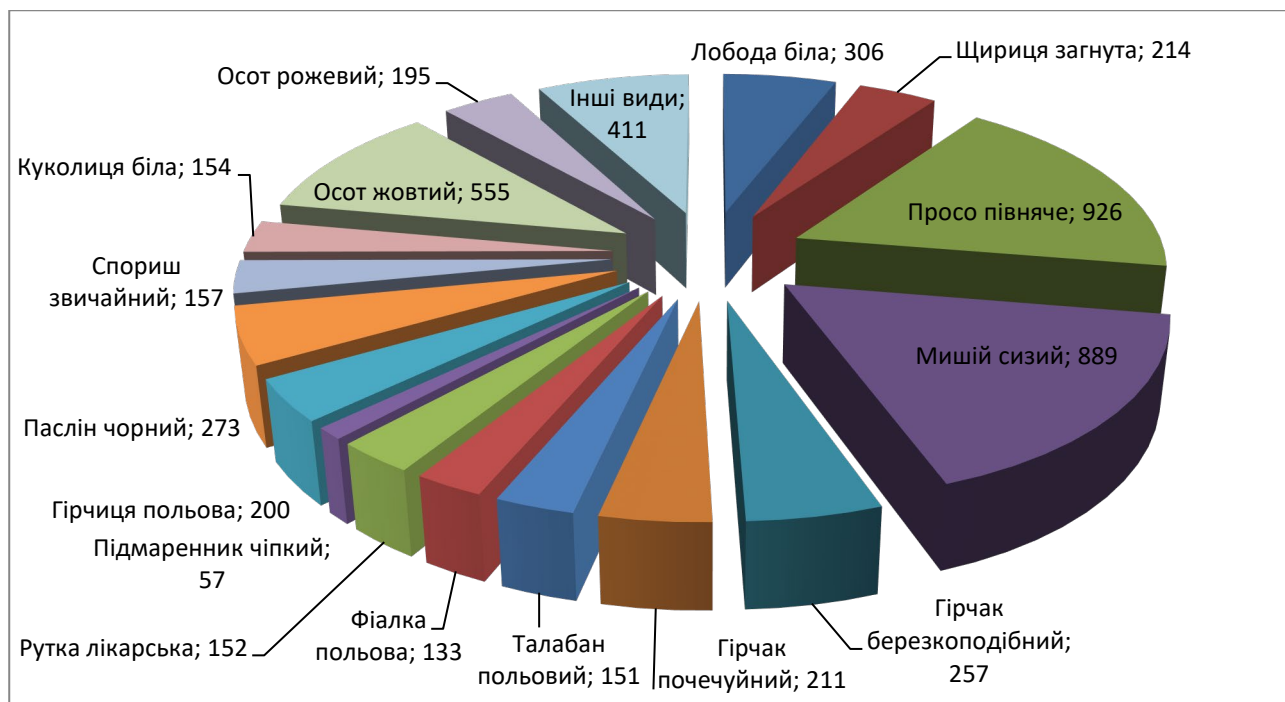


Рис. 2.1. Відсоток зміни чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського між першим (10.05) та останнім обліковим періодом (10.09), середнє за 2012–2016 рр.

Аналіз зміни чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу свідчить, що максимально вона зросла в таких видів, як: просо півняче – 926 %, мишій сизий – 889, осот жовтий – 555, лобода біла – 306, паслін чорний – 273, гірчак березкоподібний – 257, щириця звичайна – 214 та гірчак почечуйний – 211 %. Інтенсивність приросту кількості рослин у насадженнях міскантусу в решти бур'янів була на рівні від 57 % у підмаренника чіпкого до 200 % у гірчиці польової. Однак, не варто випускати з уваги і той факт, що в цю нішу потрапили й такі вегетативно розмножувані бур'яни як осот рожевий та швидкорослі рослини, здатні утворити за вегетаційний період 2–3 покоління – талабан польовий.

З огляду на це, дослідження динаміки чисельності бур'янів потребує розроблення нових стратегій. Адже в одному агроценозі ростуть та продукують насіння зовсім різні за своєю біологією рослини. Хоча загальні тенденції формування кількості бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського можна вивести і спираючись на дані, представлені на рисунку 2.1.

Від самого початку вегетації, з моменту виходу на поверхню ґрунту перших листків, розпочинається процес формування проективного покриття поля рослинами. Міскантус гігантський – вид, що належить до великої ботанічної родини Тонконогові (Poaceae), або Злакові (Gramineae) і відповідно виводить на поверхню ґрунту свій перший, покритий колеоптилем листок. Після розриву колеоптиля розгортається листкова пластинка, що починає фотосинтезувати і формувати органічні речовини, з акумульованою в них енергією сонячних променів. Подібні процеси формування перших листків відбуваються і в злакових видів бур'янів, що присутні в насадженнях.

Перші листки традиційно займають еректоїдне положення у просторі та формують дуже малу тінь на поверхні ґрунту. Присутні в насадженнях дводольні види бур'янів можуть мати як наземне, так і підземне проростання. Тобто вони здатні виносити сім'ядолі насінини на поверхню ґрунту як це роблять гірчиця польова, лобода біла, щириця звичайна та інші, або ж виходити на поверхню вже справжніми листками, як, наприклад, чина бульбаста (*Lathyrus tuberosus* L.).

На час проведення перших обліків бур'янів і листків культури в дослідках (10.05) проективне покриття всіх рослин було відносно невеликим. У середньому всі рослини проективно покривали 37,1 % поверхні поля (табл. 4.2). З них рослини культури закривали в середньому 0,8 %, а сходи бур'янів – 36,3 % поверхні ґрунту.

Серед видів бур'янів, на час проведення перших обліків величини проективного покриття, найбільшу питому вагу мали рослини талабану польового, підмаренника чіпкого, лободи білої, щириці звичайної, проса півнячого, рутки лікарської та осоту рожевого.

Наступні обліки величини проективного покриття поверхні ґрунту в насадженнях міскантусу гігантського (10.06), виявили істотні зміни порівняно з попереднім періодом. Такі зміни відбувалися в результаті двох паралельних процесів: росту й розвитку всіх рослин – як культури, так і бур'янів, та появи нових сходів рослин бур'янів і її поступальний ріст та розвиток.

**Динаміка проективного покриття поверхні поля в насадженнях
міскантусу гігантського бур'янів, середнє за 2012–2016 рр., %**

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Міскантус гігантський	0,8	0,9	2,6	5,3	8,7
Лобода біла	3,3	8,0	11,1	10,8	10,2
Щириця звичайна	2,7	4,2	6,1	6,1	5,8
Просо півняче	1,2	6,0	11,9	11,5	10,8
Мишій сизий	0,6	4,2	5,9	5,7	5,4
Гірчак березковидний	0,8	1,8	2,4	2,3	2,2
Гірчак почечуйний	0,7	1,3	1,7	1,6	1,5
Талабан польовий	12,6	14,9	19,7	18,9	19,0
Фіалка польова	0,8	0,9	1,2	1,1	1,0
Рутка лікарська	1,0	1,2	1,6	1,5	1,5
Підмаренник чіпкий	2,9	1,0	1,4	1,3	1,6
Гірчиця польова	0,9	1,4	1,9	1,8	1,8
Паслін чорний	0,7	1,4	2,0	2,0	1,9
Спориш звичайний	0,4	0,5	0,7	0,6	0,6
Куколиця біла	0,8	1,0	1,4	1,3	1,2
Осот жовтий	0,3	1,5	2,0	2,0	1,9
Осот рожевий	0,9	1,3	1,9	1,8	1,7
Інші види	5,6	17,4	24,6	24,1	22,9
Бур'яни, усього	36,3	68,1	97,4	94,7	91,6
Загальна площа проективного покриття	37,1	69,1	100,0	100,0	100,0

У середньому на час проведення обліків проективне покриття поверхні поля рослинами досягало 69,1 %: 0,9 % площі закривала культура, 68,1 % – сумарно рослини бур'янів. Серед видів останніх найбільшу частку

проективного покриття формували рослини талабану польового – 14,9 %, лободи білої – 8,0, проса півнячого – 6,0, щиріці звичайної – 4,2, мишію сизого – 4,2, гірчака березкоподібного – 1,8 %.

Рослини в агроценозах, що формувались у насадженнях міскантусу гігантського в наступні періоди їх вегетації, поступово нарощували наземні частини, збільшували кількість і площу листя, посилювали рівень проективного покриття й оптичну щільність синузій. Обліки, виконані в роки проведення досліджень 10.07, виявили збереження тенденцій розвитку процесу нарощування проективного покриття в насадженнях. Рослини культури до часу проведення обліків уже достатньо зміцніли, наростили придаткові корені й наземні стебла в результаті активних процесів фотосинтезу і почали нарощувати наземну масу. Сумарне проективне покриття рослин різних видів бур'янів на цей період становило в середньому 97,4 %, тоді як рослин міскантусу гігантського – 2,6 %. Тобто проективне покриття поверхні поля в насадженнях було повним і досягало 100 %.

Обліки зміни проективного покриття виявили одну специфічну деталь. Якщо станом на 10.06 середня величина проективного покриття бур'янів 69,1 %, то вже за обліків 10.07 їхня частка збільшилася до 100 %.

Обліки величини проективного покриття поверхні поля на 10.08 у роки проведення досліджень підтвердили попередню тенденцію і довели її до закономірності. Наявність загального 100 %-го проективного покриття поверхні поля рослинами виявила й достовірну наростаючу тенденцію домінування в синузії рослин культури. Рослини міскантусу гігантського поступово стають едифікаторами в тому комплексі рослин, який формувався на полі. Частка листків культури в проективному покритті зростала в середньому до 5,3 %, а частка рослин бур'янів знижувалася до 94,7 %. Таким змінам сприяла не лише підвищена конкурентна здатність добре вкорінених рослин міскантусу гігантського, а й біологічні процеси, що відбуваються в рослинах бур'янів різних видів. Значна їх частина перебувала на сенільному етапі онтогенезу, формувала насіння і поступово зменшувала площу власного листя. До таких

видів правомірно віднести просо півняче, мишій сизий, гірчак почечуйний та березкоподібний, талабан польовий, підмаренник чіпкий, гірчиця польова, осот рожевий і жовтий. Водночас рослини лободи білої, щиріці загнутої, пасльону чорного продовжували активну вегетацію. На тих самих рослинах пасльону чорного одночасно спостерігалось цвітіння і досягання складних ягід.

На час виконання останніх обліків величини проективного покриття поверхні ґрунту в насадженнях міскантусу гігантського (10.09) зафіксовано поступове збільшення частки площі листків культури – до 8,7 % і зниження частки рослин бур'янів – до 91,6 %. Найвагомішу частку серед видів бур'янів, що вегетували в насадженнях міскантусу гігантського мали рослини талабану польового, лободи білої та проса півнячого.

Узагальнюючи особливості формування і зміни величини проективного покриття поверхні ґрунту в насадженнях міскантусу гігантського, можна стверджувати, що площа його проективного покриття зростала в міру росту й розвитку рослин.

Рослинам культури в першій половині вегетації – після пересаджування кореневищ, з огляду на свої біологічні особливості, потрібно було заново формувати всі відсутні частини: придаткові корені, вузли кущення, листки і стебла, а тому вони не могли займати домінантне становище в синузях рослин.

Лише в другій половині вегетації рослини культури, що зміцніли і здатні були поступово займати домінантне становище в агроценозах, збільшували частку своїх листків у проективному покритті поверхні ґрунту.

Дуже важливим показником значення кожного виду рослин, що входить до складу фітоценозів, є частка їхньої маси у загальній біомасі рослин на одиниці площі. Так, на час проведення перших обліків (10.05) середній показник накопичення загальної сирої маси бур'янів у насадженнях досягав 18 г/м² (табл. 2.3). Серед видів бур'янів, що були присутні в насадженнях міскантусу гігантського, найбільшу частку становили рослини підмаренника чіпкого та гірчиці польової – по 5 г/м², талабану польового – 3, фіалки польової та рутки лікарської – по 2, осоту рожевого – 1 г/м² сирої біомаси.

**Динаміка накопичення сирової маси бур'янів у насадженнях міскантусу,
середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Міскантус гігантський	8	17	110	234	392
Лобода біла	0	21	172	344	327
Щириця звичайна	0	23	46	303	278
Просо півняче	0	35	57	404	342
Мишій сизий	0	25	42	241	207
Гірчак березкоподібний	0	20	50	139	115
Гірчак почечуйний	0	10	40	212	191
Талабан польовий	3	34	60	74	58
Фіалка польова	2	13	25	35	27
Рутка лікарська	2	19	42	49	45
Підмаренник чіпкий	5	23	50	67	47
Гірчиця польова	5	40	166	181	138
Паслін чорний	0	7	38	161	197
Спориш звичайний	0	6	15	25	21
Куколиця біла	0	8	24	162	136
Осот жовтий	0	14	43	176	157
Осот рожевий	1	21	50	185	170
Інші види	0	11	30	148	129
Бур'яни, усього	18	330	950	2906	2585
НІР _{0,05}	0,1	1,2	7,8	12,5	13,1

Станом на 10.06 у середньому за роки проведення досліджень у насадженнях міскантусу гігантського загалом формувалося 330 г/м² біомаси

рослин бур'янів, що відповідно у 19,5 раза перевищувало аналогічний показник за попереднього строку обліку

Серед видів бур'янів найбільшу частку в загальній біомасі формували рослини гірчиці польової – 40 г/м², талабану польового – 34, проса півнячого – 35, мишію сизого – 25 та щиріці загнутої – 23 г/м².

Достатній розвиток рослин бур'янів і нарощування площі листків забезпечує їм можливість уловлювати достатню кількість енергії сонячних променів, особливо потік енергії ФАР для забезпечення процесів фотосинтезу і формування органічної маси. Результати такої біологічної діяльності комплексу різних видів рослин бур'янів було зафіксовано на час проведення наступних обліків їхньої маси 10.07. У середньому за роки проведення досліджень загальна маса всіх бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського становила 950 г/м². Тобто порівняно з показниками величини накопичення маси бур'янів на час проведення попередніх обліків вона зростала у 2,9 раза. Найбільшу біомасу формували рослини лободи білої – 172 г/м², або 18,1 %, гірчиці польової – 166, або 17, талабану польового – 60, або 6,3, проса півнячого – 57, або 5,9, осоту рожевого – 50 г/м², або 5,3 % та інші види.

Найбільші показники сумарного накопичення наземної маси рослин бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського в роки проведення досліджень зафіксовано за обліків 10.08 – 2906 г/м². У загальній структурі маси бур'янів найбільшу питому вагу мали: просо півняче – 404 г/м², або 13,9 %, лобода біла – 344, або 11,8, щиріця звичайна – 303, або 10,4, мишій сизий – 241, або 8,3 та гірчак почечуйний – 212 г/м², або 7,2 %.

У другу половину вегетаційного періоду, коли рослини багатьох видів бур'янів завершують формувати насіння і поступово закінчують свою вегетацію, їхня наземна маса поступово зменшується. Це є наслідком часткового осипання стиглого насіння та опадання відмерлих сухих листків, які в процесі проведення обліків не враховані, оскільки обліковують зрізані біля поверхні землі рослини, а не їхні опалі частки.

Обліки, проведені 10.09, зафіксували середні показники величини накопичення біомаси рослин бур'янів на рівні 2585 г/м^2 , що менше порівняно з показниками попереднього облікового періоду на 11,1 %. Серед видів бур'янів найбільшу питому вагу за величиною накопичення маси мали: просо півняче – 342 г/м^2 , або 13,2 %, лобода біла – 327, або 12,7, щирія звичайна – 278, або 10,8, мишій сизий – 207, або 8,0, гірчак почечуйний – 191 г/м^2 , або 7,4 % та деякі інші види.

Результати дослідження інтенсивності приросту маси бур'янів у насадженнях міскантусу за даними 2012–2016 рр. наведено на рисунку 4.2. Для проведення аналізу величину накопиченої біомаси за попередній обліковий період віднімали від даних за поточний обліковий період. Таким чином перший обліковий період нами на графіку не наведено, оскільки він був базовим, а от останній обліковий період, як уже зазначалося нами раніше, характеризувався зниженням біомаси усіх видів бур'янів. Єдиним винятком були рослини пасльону чорного, у яких зафіксовано збільшення біомаси на одиницю площі на 36 г. Отже, зважаючи на те, що в цей проміжок часу переважна більшість бур'янів уже завершувала свою вегетацію і втрачала наземну масу ми не включили дату обліку 10.09 до даних, представлених на рисунку 2.2.

Аналіз показників сирої маси рослин бур'янів станом на 10.06 свідчить, що найбільший її приріст за попередній місяць зафіксовано в гірчиці польової та проса півнячого – по $35,0 \text{ г/м}^2$, талабана польового – $31,0$, мишію сизого – $25,0$ та щиріці звичайної – $23,0 \text{ г/м}^2$. Варіабельність приросту маси бур'янів за строком обліку становить 50,6 %, тобто на рівні великої варіації.

Станом на 10.07 максимальні значення приросту біомаси на одиницю площі формували рослини таких видів, як лобода біла ($151,0 \text{ г/м}^2$) та гірчиця польова ($126,0 \text{ г/м}^2$), тоді як у решти видів бур'янів рівень приросту маси був порівняно незначним – у межах від 9 до 31 г/м^2 . Варіабельність приросту маси бур'янів загалом за строком обліку становить 107,4 %, що відповідає дуже великій варіації ознаки.

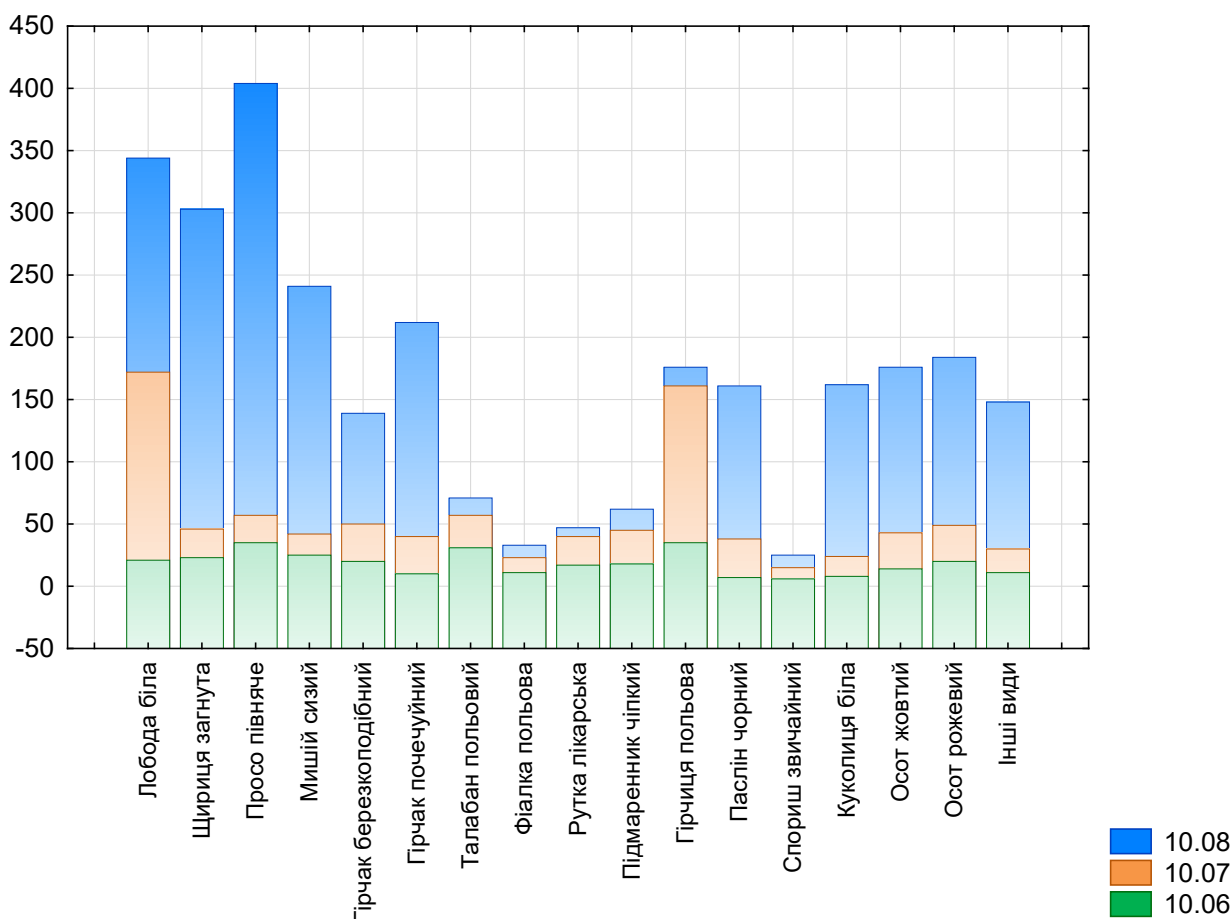


Рис. 2.2. Інтенсивність приросту маси бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського, середнє за 2012–2016 рр., г/м²

Наступний період обліку (10.08) цікавий тим, що за попередній місяць рослини бур'янів сформували максимальні прирости біомаси. Зокрема, рослини проса півнячого утворювали біомасу на рівні 347,0 г/м², щириці звичайної – 257,0, мишю сизого – 199,0, лободи білої – 172,0, гірчака почечуйного – 172,0 г/м². Водночас такі види як паслін чорний, осоти жовтий і рожевий, куколиця біла сформували в середньому 123,0–138,0 г/м² сирової маси. Варіабельність приросту маси бур'янів загалом за строком обліку становить 85,0 %, тобто на рівні дуже великої варіації.

Дикі рослини – бур'яни у процесі вегетації проходять усі етапи свого онтогенезу: від проростання до снільного етапу і повного відмирання. Оптимальність умов вегетації конкретної рослини можна оцінювати за різними показниками: від величини маси, які формували рослини у процесі вегетації, до показників насінневої продуктивності.

У рослин, що вегетували за оптимальних умов, здатність формувати насіння традиційно є вищою. Більшість видів бур'янів мають високу насінневу здатність – від кількох сотень до мільйонів насінин на одну рослину. У насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації росли різні види бур'янів, умови для успішного росту й розвитку яких у роки проведення досліджень були різними. Узагальнені дані щодо показників насінневої продуктивності бур'янів наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

**Рівень насінневої продуктивності бур'янів у насадженнях
міскантусу гігантського, середнє за 2012–2016 рр., тис. шт./рослину**

Вид бур'яну	Насіннева продуктивність, тис. шт./рослину
Лобода біла	67,1
Щириця звичайна	332,0
Просо півняче	3,6
Мишій сизий	3,9
Гірчак березкоподібний	6,0
Гірчак почечуйний	6,5
Талабан польовий	1,3
Фіалка польова	2,4
Рутка лікарська	1,5
Підмаренник чіпкий	0,7
Гірчиця польова	15,4
Паслін чорний	19,8
Спориш звичайний	0,2
Куколиця біла	14,2
Осот жовтий	21,0
Осот рожевий	24,0
Інші види	8,4
Бур'яни, усього	528,0
НІР _{0,05}	0,3

Серед видів бур'янів найвищу насіннєву продуктивність у насадженнях міскантусу гігантського в середньому за роки проведення досліджень формували рослини шириці звичайної – 332 тис. шт./рослину.

Високою насіннєвою продуктивністю характеризувалися й рослини лободи білої – 67,1 тис. шт./рослину, осоту рожевого – 24 тис., осоту жовтого – 21,0 тис., пасльону чорного – 19,8 тис., гірчиці польової – 15,4 тис. шт./рослину та деяких інших видів.

Протягом вегетаційного періоду першого року після висаджування кореневищ культури в насадженнях міскантусу гігантського, які фактично були маже повністю вільною екологічною нішею, відбувалось її освоєння. На перших етапах для всіх рослин, як спеціально висаджених у ґрунт, так і тих, що мали в його орному шарі ґрунту запаси насіння та органи вегетативного розмноження, вільного простору і потрібних для життя чинників середовища вистачало повністю. Такі умови сприяли інтенсивному росту й розвитку всіх компонентів синузій, що формувалися в насадженнях. Поступово, у зв'язку з рівнем освоєння вільного простору, виникали та все більше ускладнювалися системи взаємовідносин між рослинами як одного, так і різних видів. Між рослинами відбувався обмін кореневими виділеннями – колінами, формувалися специфічні ризобіальні зони на корневих волосках різних корневих систем, розпочиналася конкуренція за доступ до прямого сонячного освітлення, запасів вологи і мінерального живлення в ґрунті.

У процесі спільної вегетації рослин культури і бур'янів збільшувалася потреба у чинниках забезпечення життя і загострювалася конкуренція за ті з них, які ставали дефіцитними на конкретному етапі органогенезу. Рівень гостроти конкурентних відносин у насадженнях міскантусу гігантського в перший рік вегетації з бур'янами демонструє спеціальний польовий дрібноділянковий дослід, який було проведено впродовж 2012–2016 рр.

Тривалість спільної з бур'янами вегетації насаджень міскантусу гігантського до 10.05 у роки проведення досліджень давала можливість ювенільним рослинам бур'янів формувати в середньому 17 г/м² біомаси.

Молоді рослини культури практично не мали конкурентних відносин із бур'янами і після їхньої ліквідації успішно вегетували до збирання врожаю наземної маси восени. Урожайність наземної маси міскантусу гігантського в таких насадженнях становила в середньому $371,1 \text{ г/м}^2$, або була на 8,2 % меншою від рівня врожайності культури в насадженнях, що вегетували повністю без присутності бур'янів (шість послідовних ручних прополовань). Правомірно говорити не про зниження рівня врожайності, а лише про тенденцію такого зниження, оскільки різниця є меншою за $\text{HP}_{0,05}$ у досліді.

Збільшення тривалості періоду спільної вегетації насаджень культури з бур'янами до 10.06 сприяло формуванню маси дикої рослинності в середньому 331 г/м^2 і посиленню взаємного негативного впливу, зокрема й на молоді рослини міскантусу гігантського. Навіть повна ліквідація бур'янів у насадженнях культури після проведення обліків їхньої маси не забезпечувала до збирання врожаю наземної маси міскантусу гігантського повної компенсації попереднього періоду конкуренції за чинники життя з бур'янами. Середня врожайність міскантусу в роки проведення досліджень становила $288,9 \text{ г/м}^2$, або була на 29 % нижчою аналогічного показника на ділянках контролю, де рослини культури вегетували без впливу бур'янів.

Оптично щільне проективне покриття поверхні ґрунту і загострення конкурентних стосунків між компонентами синузій рослин, які формувалися в насадженнях міскантусу гігантського від початку спільної вегетації до 10.07, зумовили істотніший негативний вплив на рослини культури. Навіть подальше вегетування насаджень без присутності бур'янів до самого збирання врожаю культури повністю не компенсувало їхнього негативного впливу в попередній період спільної вегетації.

Зокрема, у разі вегетування в насадженнях до 10.07 бур'яни встигали сформувати 951 г/м^2 маси. Накопичення такої кількості сирої маси бур'янів, навіть після їхньої ліквідації, знижувало середній рівень урожайності біомаси міскантусу до $226,7 \text{ г/м}^2$, або на 44 % порівняно з показниками чистого контролю.

Збільшення тривалості періоду спільної вегетації молодих рослин міскантусу з бур'янами ще на один місяць – до 10.08 загалом ще більше ускладнювало ситуацію. Рослини більшості видів бур'янів досягали максимуму формування своєї наземної маси. Конкуренція і гострота взаємовідносин між компонентами синузій рослин у насадженнях досягали свого найбільшого розвитку. У середньому за роки проведення досліджень величина накопичення маси бур'янів була максимальною – 2907 г/м². Навіть після ліквідації бур'янів (ручне виполявання) і подальшого вегетування насаджень до збирання врожаю восени без диких видів, рослини міскантусу не могли компенсувати негативного впливу присутності бур'янів у попередній період вегетації. Урожайність біомаси міскантусу гігантського за таких умов становила 217,8 г/м², що на 46 % нижче показників контрольного варіанту.

Присутність бур'янів у насадженнях протягом усієї вегетації виявляла максимальний негативний вплив на рослини культури. Якщо величина маси бур'янів за обліків 10.09 була меншою за попередні показники, то тривалість їхньої спільної вегетації з рослинами культури була найбільшою. У середньому на час проведення обліків бур'яни накопичували 2585 г/м² біомаси, при цьому їхній вплив на формування врожаю міскантусу гігантського був найвідчутнішим. Так, урожайність культури в насадженнях, які були забур'янені протягом усієї вегетації, становила лише 191,1 г/м². Це на 53 % нижче показника контролю, де рослини міскантусу вегетували без бур'янів.

На величину зниження рівня врожайності виявляють вплив такі показники: видовий склад бур'янів, гострота конкуренції між рослинами культури і бур'янами за чинники життя, величина формування ними біомаси, а також тривалість періоду спільного вегетування їхніх рослин у насадженнях.

Кінцевим підсумком дослідження ефективності будь-яких агрозаходів є визначення продуктивних та якісних показників культури. У таблиці 2.5 наведено дані щодо врожайності сухої біомаси, виходу твердого біопалива та енергії за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях міскантусу.

**Урожайність сухої маси, вихід твердого біопалива та енергії
за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях міскантусу
гігантського, середнє за 2012–2016 рр.**

Тривалість спільної вегетації, діб	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Без бур'янів	1,82	2,00	33,9
30	1,67	1,84	31,2
60	1,30	1,43	24,3
90	1,02	1,13	19,0
120	0,98	1,08	18,3
150	0,86	0,95	16,0
НІР _{0,05}	0,11	0,12	0,32

За вирощування міскантусу першого року вегетації в чистих від бур'янів насадженнях урожайність його сухої біомаси може досягати 1,82 т/га, що відповідає виходу твердого біопалива на рівні 2,00 т/га, енергії – 33,9 ГДж/га. За присутності впродовж 60-ти діб бур'янів у насадженнях культури вихід твердого біопалива знижується до 1,43 т/га, що відповідає збору 24,3 ГДж/га енергії. Варіанти з присутністю бур'янів у насадженнях міскантусу впродовж 120 та 150 діб мінімально достовірно різнилися між собою і забезпечували формування врожайності сухої біомаси на рівні 0,98 і 0,86 т/га, тобто майже вдвічі менше, ніж у варіанті без бур'янів.

2.2. Бур'яни в насадженнях міскантусу гігантського другого року вегетації

Процес формування високопродуктивних насаджень міскантусу гігантського розпочинається на першому році його життя і передбачає не тільки забезпечення фізіологічних потреб рослин у чинниках зовнішнього середовища завдяки оптимізації елементів технології вирощування. Значною мірою він визначається й особливостями забур'янення насаджень культури.

Рослини взаємодіють не тільки з довкіллям та відновлюють втрачені органи, а й готуються до наступного вегетаційного періоду за рахунок утворення ризом та накопичення в них запасних поживних речовин.

Наші дослідження стану насаджень міскантусу гігантського в перший рік після садіння свідчать, що в другій половині вегетаційного періоду відбувається зниження чисельності та площі листової поверхні бур'янів і це дає змогу рослинам культури накопичити певний запас поживних речовин у ризомах. Попри незначні параметри листової поверхні рослини міскантусу фізіологічно готуються до домінування на площі поля в наступні роки. Адже ця культура здатна рости й утворювати значні обсяги вегетативної маси на одному місці понад 20 років. А отже, перші роки росту й розвитку міскантусу є найважливішими для розуміння взаємодії агроценозу та власне процесів заповнення екологічних ніш рослинами цієї біоенергетичної культури.

На всі ростові процеси, що відбуваються в рослинах значною мірою впливають ґрунтово-кліматичні та агротехнічні чинники. Саме тому вивчення особливостей росту й розвитку рослин міскантусу протягом вегетаційного періоду другого року дає можливість установити найважливіші параметри формування його високої продуктивності.

Показники динаміки чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського другого року вегетації наведено в таблиці 2.6.

Як випливає з даних таблиці, станом на 10.05 у насадженнях міскантусу гігантського другого року вегетації в середньому за роки досліджень формувалося 37,2 шт./м² бур'янів. Максимальну чисельність сходів зафіксовано в таких видів: талабан польовий – 4,3 шт./м², гірчиця польова – 3,3, просо півняче – 3,2, рутка лікарська – 2,8, гірчак почечуйний – 2,5 шт./м².

Варто відзначити, що на другий рік вегетації рослини міскантусу гігантського росли й розвивались інтенсивніше, що побічно позначилося й на кількості сходів бур'янів. Так, станом на 10.06 загальна чисельність сходів бур'янів залишилася на попередньому рівні – 33,5 шт./м², тоді як у перший рік вегетації на цей період їх у середньому налічувалося 105,5 шт./м².

**Динаміка чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського
другого року вегетації, середнє за 2013–2017 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Лобода біла	1,4	1,5	1,2	1,0	0,7
Щириця звичайна	2,1	2,3	1,8	1,3	1,0
Просо півняче	3,2	4,8	1,2	0,2	–
Мишій сизий	1,7	5,7	1,7	0,4	–
Гірчак березкоподібний	2,0	1,4	1,1	1,0	0,8
Гірчак почечуйний	2,5	2,1	1,7	1,2	0,5
Талабан польовий	4,3	3,3	2,3	2,1	1,6
Фіалка польова	0,8	0,2	–	–	–
Рутка лікарська	2,8	1,9	0,9	0,3	–
Підмаренник чіпкий	2,1	0,3	–	–	–
Гірчиця польова	3,3	0,3	–	–	–
Паслін чорний	1,2	0,6	0,3	0,2	–
Спориш звичайний	1,8	1,9	1,7	1,5	1,4
Куколиця біла	1,1	0,7	0,2	–	–
Осот жовтий	1,4	1,5	1,4	1,2	1,0
Осот рожевий	2,2	2,0	1,8	1,6	1,6
Інші види	3,3	3,0	1,9	1,5	1,2
Бур'яни, усього	37,2	33,5	19,2	13,5	9,8
НІР _{0,05}	0,09	0,12	0,11	0,13	0,06

У цей часовий проміжок максимальну кількість рослин на одиницю площі формували такі види бур'янів: мишій сизий – 5,7 шт./м², просо півняче – 4,8, талабан польовий – 3,3 шт./м². Водночас такі види як гірчиця польова та підмаренник чіпкий значно зменшили свою присутність на полі порівняно із першим обліковим періодом – на 3,0 та 1,8 шт./м² відповідно.

У наступний обліковий період (10.07) у насадженнях міскантусу гігантського другого року життя відзначено зменшення загальної кількості бур'янів до 19,2 шт./м². Таке суттєве скорочення їх чисельності було пов'язане з домінуванням рослин міскантусу та, як наслідок, повним затіненням ними поверхні поля, і відбувалося за рахунок як зменшення чисельності рослин бур'янів, так і зникнення з агроценозу деяких їхніх видів. Зокрема, повністю зникли такі види як фіалка польова, підмаренник чіпкий та гірчиця польова, а мишій сизий та просо півняче скоротили свою чисельність на 3,6 та 4,0 шт./м² порівняно з попереднім обліковим періодом.

Тенденція до зменшення кількості бур'янів у насадженнях міскантусу другого року життя збереглася й станом на 10.08. За обліків у цей період загальна чисельність диких видів становила 13,5 шт./м², при цьому найчисельнішими з них були талабан польовий – 2,1 шт./м², осот рожевий – 1,6, спориш звичайний – 1,5, щириця звичайна – 1,3, гірчак почечуйний – 1,2 шт./м². Фіалка польова, підмаренник чіпкий, гірчиця польова та куколиця біла були відсутні взагалі.

Станом на 10.09 загальна кількість бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського зменшилася до 9,8 шт./м², а такі види, як просо півняче, мишій сизий, фіалка польова, рутка лікарська, підмаренник чіпкий, гірчиця польова, паслін чорний та куколиця біла були повністю відсутні.

Динаміку накопичення сирої маси бур'янів у насадженнях міскантусу другого року вегетації наведено в таблиці 2.7.

Якщо аналізувати дані в перший строк обліку (10.05), то на цей час рослини міскантусу гігантського утворили вже 407,1 г/м² вегетативної маси, а от такі види бур'янів, як лобода біла, щириця звичайна, просо півняче, мишій сизий, гірчак березкоподібний, гірчак почечуйний, паслін чорний, спориш звичайний, куколиця біла та осот жовтий перебували у фазі проростків, тому їхню вегетативну масу визначити було неможливо. Загалом наявні на цей час види бур'янів формували 17,6 г/м² сирої біомаси, зокрема: гірчиця польова – 5,2 г/м², підмаренник чіпкий – 4,6, талабан польовий – 3,0 г/м².

**Динаміка накопичення сирової маси бур'янів у насадженнях міскантусу
гігантського другого року вегетації, середнє за 2013–2017 рр., г/м²**

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Міскантус гігантський	407,1	583,5	841,3	1058,4	1289,1
Лобода біла	—	6,8	5,5	4,7	3,2
Щириця звичайна	—	12,9	10,1	7,4	5,6
Просо півняче	—	8,0	2,0	0,4	—
Мишій сизий	—	9,0	2,7	0,7	—
Гірчак березкоподібний	—	4,7	3,8	3,5	2,7
Гірчак почечуйний	—	3,7	3,0	2,2	0,9
Талабан польовий	3,0	5,2	3,7	3,6	2,5
Фіалка польова	1,8	0,4	—	—	—
Рутка лікарська	1,9	8,6	4,1	1,4	—
Підмаренник чіпкий	4,6	0,7	—	—	—
Гірчиця польова	5,2	2,0	—	—	—
Паслін чорний	—	1,6	0,8	0,5	—
Спориш звичайний	—	3,6	3,2	3,0	2,6
Куколиця біла	—	2,9	0,8	—	—
Осот жовтий	—	3,7	3,5	3,1	2,5
Осот рожевий	1,2	9,0	8,1	7,4	7,2
Інші види	—	2,5	1,6	1,4	1,0
Бур'яни, усього	17,6	85,3	53,0	39,3	28,2
НІР _{0,05}	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1

У наступний обліковий період (10.06) усі види бур'янів не тільки зійшли, а й змогли утворити вегетативну масу – загалом 85,3 г/м². Рослини міскантусу гігантського формували 583,5 г/м² біомаси. Максимальні показники

накопичення вегетативної маси відзначено в таких видів бур'янів: щирія звичайна – 12,9 г/м², мишій сизий – 9,0, осот рожевий – 9,0, рутка лікарська – 8,6 та просо півняче – 8,0 г/м².

Обліки, проведені 10.07, свідчать, що рослини міскантусу значно збільшили свою вегетативну масу (841,3 г/м²), тоді як загальна маса бур'янів дещо знизилася порівняно з попереднім обліковим періодом і становила 53,0 г/м². У цей час максимум біомаси формували щирія звичайна – 10,1 г/м², осот рожевий – 8,1 та лобода біла – 5,4 г/м², а такі види, як фіалка польова, підмаренник чіпкий та гірчиця польова, – в агроценозі були відсутні.

Станом на 10.08 рослини міскантусу гігантського другого року життя утворили 1058,4 г/м² сирової біомаси, бур'яни – 39,3 г/м². Як і в попередній обліковий період, найбільшими показниками накопичення вегетативної маси характеризувалися щирія звичайна – 7,4 г/м², осот рожевий – 7,4 та лобода біла – 4,7 г/м².

Показники врожайності сухої біомаси міскантусу другого року вегетації за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях першого року, а також виходу з неї твердого біопалива та енергії наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Урожайність сухої маси, вихід твердого біопалива та енергії міскантусу гігантського другого року вегетації за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях першого року, середнє за 2013–2017 рр.

Тривалість спільної вегетації, діб	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Без бур'янів	9,01	9,91	167,99
30	8,90	9,79	166,00
60	8,10	8,91	151,41
90	7,85	8,64	145,19
120	6,83	7,51	127,30
150	6,12	6,73	113,38
НІР _{0,05}	0,19	0,22	0,52

Отже, максимальну врожайність сухої біомаси рослини міскантусу гігантського формують на варіанті без бур'янів у перший рік вирощування –

9,01 т/га. Досить близький за значенням показник урожайності – 8,9 т/га зафіксовано й на варіанті з мінімальною тривалістю присутності бур'янів у насадженнях культури. На цих варіантах отримано відповідно і максимальний вихід біопалива – 9,79–9,91 т/га та енергії – 166,0–167,99 ГДж/га.

На варіантах з максимальною тривалістю спільної вегетації з бур'янами в перший рік вегетації (150 діб) врожайність сухої біомаси міскантусу гігантського другого року життя була найменшою – 6,12 т/га. Вихід твердого біопалива за таких умов становив 6,73 т/га, енергії – 113,38 ГДж/га.

2.3. Особливості забур'янення насаджень міскантусу гігантського третього року вегетації

Міскантус гігантський – багаторічна рослина, здатна рости й успішно зимувати в кліматичних умовах України. Так, для рослин цього виду потрібна річна кількість опадів на рівні 600–700 мм. Вони добре ростуть навіть за мінімальної температури 5–10 °С, хоча оптимальною для перебігу процесів фотосинтезу є 28–32 °С.

З погляду ефективності використання сонячної енергії міскантус гігантський належить до рослин із С4-типом фотосинтезу. А отже, засвоєння сонячної енергії відбувається значно швидше, ніж у більшості біологічних видів рослин, поширених в Україні. Завдяки цьому наземна маса міскантусу гігантського містить велику кількість целюлози – від 40 до 71 %. Крім того, насадження культури за чотири роки вирощування накопичують 15–20 т/га підземної біомаси, що еквівалентно 7,2–9,2 т/га вуглецю.

Рослини другого року вегетації здатні сформувати врожай сухої речовини на рівні 10–15 т/га, а от уже починаючи з третього року їхня щорічна максимальна продуктивність досягає 25–35 т/га. Загалом же тривалість використання плантацій міскантусу гігантського становить приблизно 25 років, а комерційного вирощування – понад 20 років.

А отже, насадження міскантусу гігантського третього року вирощування цікаві нам уже власне з погляду їхнього промислового використання для

отримання високоякісного врожаю біопалива. І саме на третій рік можна повністю визначити ефективність конкурентної боротьби з бур'янами за чинники живлення та світло. Адже створення рослинами міскантусу гігантського оптично щільного світлонепроникного проективного покриття може забезпечити формування високої продуктивності культури та створити передумови для багаторічного використання плантацій без ризику їхнього значного випадання в результаті конкурентної боротьби з бур'янами.

Дані динаміки чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського третього року вегетації наведено в таблиці 2.9. Установлено, що загальна чисельність бур'янів на полях міскантусу третього року вегетації на час проведення перших обліків (10.05) становила 26,7 шт./м², що на 28,2 шт./м² менше порівняно з аналогічним періодом у насадженнях міскантусу другого року вирощування.

Найчисельнішими були такі види бур'янів: талабан польовий – 3,4 шт./м², гірчиця польова – 2,9, просо півняче – 2,9, гірчак почечуйний – 2,2, підмаренник чіпкий – 2,0 шт./м². Тобто серед них пережали дводольні зимуючі та ранні ярі види бур'янів і лише просо півняче належить до однодольних ярих видів.

На наступний період обліку (10.06) загальна чисельність бур'янів була на рівні 20,1 шт./м², що на 40 % менше порівняно з аналогічним обліковим періодом у насадженнях другого року вегетації. Найчисельнішими у насадженнях культури були такі види: талабан польовий – 2,8 шт./м², гірчак почечуйний – 1,7, шириця загнута та просо півняче – по 1,6, гірчиця польова та осот рожевий – 1,5 шт./м². За аналогією з попереднім обліковим періодом домінували дводольні ярі та зимуючі види.

Станом на 10.07 загальна чисельність бур'янів у насадженнях міскантусу третього року вегетації зменшилася до 9,6 шт./м², що на 50 % менше, ніж у другий рік вирощування культури. Максимальну чисельність рослин у насадженнях формували дводольні види бур'янів – гірчак почечуйний – 1,4 та талабан польовий – 1,6 шт./м², мінімально поширеними були ярі види. Фіалку польову, гірчицю польову, куколицю білу та осот жовтий на полі не виявлено взагалі.

**Динаміка чисельності бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського
третього року вегетації, середнє за 2014–2017 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Лобода біла	1,2	1,1	0,4	0,2	0,2
Щириця звичайна	1,8	1,6	0,9	0,4	0,2
Просо півняче	2,9	1,6	0,2	—	—
Мишій сизий	1,5	1,0	0,7	—	—
Гірчак березкоподібний	1,4	1,2	0,5	0,4	0,3
Гірчак почечуйний	2,2	1,7	1,4	0,3	—
Талабан польовий	3,4	2,8	1,6	1,1	0,9
Фіалка польова	0,2	0,1	—	—	—
Рутка лікарська	1,1	0,7	0,5	0,1	—
Підмаренник чіпкий	2,0	1,0	0,7	—	—
Гірчиця польова	2,9	1,5	—	—	—
Паслін чорний	0,7	0,5	0,3	—	—
Спориш звичайний	0,9	1,2	0,7	0,4	0,1
Куколиця біла	0,4	0,2	—	—	—
Осот жовтий	0,9	1,1	—	—	—
Осот рожевий	1,4	1,5	0,6	0,4	0,3
Інші види	1,8	1,7	1,1	0,9	0,4
Бур'яни, усього	26,7	20,1	9,6	4,2	2,4
НІР _{0,05}	0,10	0,11	0,12	0,09	0,06

На наступну дату обліку (10.08) загальна кількість бур'янів на одиницю площі поля становила 4,2 шт./м², що на 68,9 % менше порівняно із аналогічними показниками другого року вирощування міскантусу гігантського. Серед усіх бур'янів більш-менш значною чисельністю вирізнявся лише такий дводольний зимуючий вид як талабан польовий – 1,1 шт./м². Відсутніми на полі були просо півняче, мишій сизий, фіалка польова, підмаренник чіпкий, гірчиця польова, паслін чорний, куколиця біла, осот жовтий.

На дату останнього обліку (10.09) чисельність бур'янів у насадженнях узагалі скорочувалася до 2,4 шт./м², що поступалося аналогічним показникам попереднього року вирощування міскантусу гігантського на 75,5 %.

Показники накопичення сирової біомаси бур'янів у насадженнях міскантусу третього року вегетації в динаміці наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

**Динаміка накопичення сирової маси бур'янів у насадженнях міскантусу
гігантського третього року вегетації, середнє за 2014–2017 рр., г/м²**

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Міскантус гігантський	558,0	799,8	1153,2	1450,8	1767,0
Лобода біла	0,0	5,5	3,2	1,5	0,7
Щириця звичайна	0,0	7,1	0,9	0,0	0,0
Просо півняче	0,0	1,4	1,0	0,0	0,0
Мишій сизий	0,0	1,7	0,7	0,6	0,4
Гірчак березкоподібний	0,0	4,1	3,4	0,8	0,0
Гірчак почечуйний	0,0	4,3	2,5	1,8	1,4
Талабан польовий	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Фіалка польова	2,4	1,0	0,7	0,2	0,0
Рутка лікарська	1,4	3,5	2,5	0,0	0,0
Підмаренник чіпкий	6,3	1,9	0,0	0,0	0,0
Гірчиця польова	1,1	2,5	1,7	0,0	0,0
Паслін чорний	0,0	1,9	1,1	0,7	0,2
Спориш звичайний	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Куколиця біла	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0
Осот жовтий	0,0	2,2	0,9	0,6	0,4
Осот рожевий	0,9	5,8	3,9	3,3	1,4
Інші види	0,0	12,6	6,2	3,1	1,5
Бур'яни, усього	12,3	59,3	28,8	12,5	6,0
НІР _{0,05}	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1

У перший обліковий період (10.05) рослини міскантусу формували 558,0 г/м² сирої біомаси. Водночас такі види, як лобода біла, щирія звичайна, просо півняче, мишій сизий, гірчаки, паслін чорний, спориш звичайний, куколиця біла, осот жовтий у цей період тільки починали проростати, а тому визначити їхню масу було неможливо. Серед уже наявних на полі бур'янів, максимальні показники вегетативної маси зафіксовано в підмаренника чіпкого – 6,3 та фіалки польової – 2,4 г/м², тобто у дводольних зимуючих видів або ж ранніх ярих.

У наступний період обліку (10.06) рослини міскантусу гігантського збільшували свою вегетативну масу до 799,8 г/м², тоді як рослини бур'янів – лише до 59,3 г/м². Серед диких видів максимальні показники маси формували: щирія звичайна – 7,1 г/м², осот рожевий – 5,8, лобода біла – 5,5, гірчак почечуйний – 4,3 та гірчак березкоподібний – 4,1 г/м².

Станом на 10.07 міскантус гігантський накопичував 1153,2 г/м² вегетативної біомаси, бур'яни – 28,8 г/м². Найбільші показники маси серед видів бур'янів відзначено в осоту рожевого – 3,9 г/м², гірчака березкоподібного – 3,4 та лободи білої – 3,2 г/м².

За обліків 10.08 рослини міскантусу гігантського третього року життя утворили досить значну біомасу – 1450,8 г/м², тоді як бур'яни в цей період, порівняно з попереднім обліком, знижували її більш ніж удвічі – до 12,5 г/м². Максимальні показники маси мали такі види: осот рожевий – 3,3 г/м², гірчак почечуйний – 1,8, лобода біла – 1,5 г/м².

Станом на останній обліковий період рослини міскантусу утворили 1767,0 г/м² вегетативної маси, а бур'яни загалом за видами – лише 6,0 г/м². Такий низький рівень накопичення сирої біомаси бур'янами пояснюється тим, що значна частина їхніх видів була відсутня на полі, то ж, відповідно, й формувати масу не могла. Ті ж види, що залишилися, серйозної загрози для рослин міскантусу гігантського третього року вегетації не становили.

Оскільки показники густоти насаджень культурних рослин значною мірою впливають на наповненість агроценозу бур'янами, нами було проведено

дослідження зі встановлення польової схожості ризом та кількості пагонів міскантусу гігантського в різні роки вегетації (табл. 2.11).

Таблиця 2.11

**Польова схожість та кількість пагонів міскантусу гігантського
в різні роки вегетації, середнє за 2012–2017 рр.**

Тривалість спільної вегетації, діб	Польова схожість ризом, %	Кількість пагонів у кущі, шт.		
		1-й рік	2-й рік	3-й рік
Без бур'янів	87,2	8,3	13,0	17,7
30	87,0	7,4	12,9	17,6
60	87,3	6,8	12,5	17,2
90	87,5	6,2	11,3	17,3
120	87,2	5,7	10,2	16,9
150	87,6	5,1	9,7	16,5
НІР _{0,05}	2,4	0,6	0,5	1,3

Як свідчать результати проведених досліджень, у середньому по досліді польова схожість висаджених ризом міскантусу гігантського становила 87,3 %. Установлено, що на ранніх етапах росту й розвитку рослини бур'янів не могли суттєво вплинути на проростання ризомів культури, адже її сходи в середньому з'являлися вже через 7–10 діб, а ще через 10 діб рослини міскантусу формували три листочки.

Основні відмінності у формуванні показників за роками проведення досліджень були викликані передусім умовами вологозабезпечення на час садіння ризом міскантусу, а саме наявністю доступних запасів вологи у ґрунті, кількістю опадів та сумою активних температур.

За приблизно однакової густоти насаджень рослини міскантусу гігантського формували різну кількість пагонів на кущі, що дало змогу компенсувати відсутність частини рослин на полі. Так, у перший рік вирощування на одному кущі, залежно від тривалості спільної вегетації рослин з бур'янами, утворювалося від 5,1 до 8,3 шт. пагонів.

На другий рік вегетації кількість пагонів на одному куці на чистому контролі збільшилася до 13,0 шт., а на варіанті спільної вегетації з бур'янами впродовж 150 діб – до 9,7 шт. Тобто, на другий рік вегетації кількість пагонів на куці значно збільшувалася (у середньому на 5 шт.), що дало змогу рослинам створити достатню площу листового апарату для ефективного контролювання бур'янів на полі. При цьому величина збільшення кількості пагонів була пропорційною тривалості спільної вегетації культури з бур'янами в перший рік.

На третій рік вегетації рослини міскантусу в середньому по досліді сформували на 10,6 шт. пагонів більше, ніж у перший рік життя, а от кількість їхніх пагонів загалом за різними варіантами досліді вирівнювалася.

Показники врожайності сухої маси, виходу твердого біопалива та енергії міскантусу третього року вегетації за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

**Урожайність сухої маси, вихід твердого біопалива та енергії
міскантусу гігантського третього року вегетації за різної тривалості
присутності бур'янів у насадженнях, середнє за 2014–2017 рр., г/м²**

Тривалість спільної вегетації, діб	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Без бур'янів	12,70	13,97	236,79
30	12,65	13,92	235,95
60	12,51	13,76	233,84
90	12,43	13,67	229,90
120	9,40	10,34	175,21
150	8,37	9,21	155,07
НІР _{0,05}	0,21	0,15	0,72

Як випливає з даних таблиці, залежно від варіанту досліді врожайність сухої біомаси рослин міскантусу гігантського змінювалася в межах від 8,37 до 12,7 т/га, вихід твердого біопалива – від 9,21 до 13,97 т/га, енергії – від 155,07 до 236,79 ГДж/га. При цьому варто зауважити, що величина всіх

вищезазначених показників на контрольному варіанті та на варіантах із тривалістю спільної вегетації від 30 до 60 діб між собою достовірно не відрізняються. І лише на варіантах, де рослини міскантусу вегетували в насадженнях спільно з бур'янами впродовж 120 та 150 діб, зафіксовано істотне зниження продуктивних показників культури навіть на плантаціях третього року використання.

2.4. Особливості процесів забур'янення насаджень верби енергетичної першого року вегетації

Використання продуктів фотосинтезу зелених рослин для забезпечення потреб людини в енергії є своєрідною альтернативою застосуванню викопного палива. Таке джерело енергії реально не підвищує вмісту вуглекислого газу в атмосфері планети.

У помірному кліматичному поясі планети перспективним джерелом твердого біопалива є верба енергетична. Представники ботанічного роду Верба (*Salix*) невибагливі до умов вегетації, достатньо довговічні, здатні забезпечувати інтенсивні процеси фотосинтезу і формувати целюлозну енергетичну сировину без шкідливих домішок.

Рослини верби здатні до насінневого розмноження, проте на практиці їх зручніше розмножувати вегетативним способом. Верба добре вкорінюється здерев'янілими живцями і здатна активно забезпечувати формування якісної енергетичної сировини на одному місці протягом 20 років.

У технології вирощування плантацій верби енергетичної є деякі проблемні моменти. Зокрема, такими є потреба надійного захисту живців верби першого року вегетації від бур'янів. Ситуацію ускладнює той факт, що рослини цієї культури є дуже чутливими до впливу більшості відомих сьогодні гербіцидів. Відповідно на молодих насадженнях верби енергетичної актуальним є надійний захист молодих живців від негативного впливу передусім дводольних видів бур'янів, які з'являються на полях. Якщо від

присутності багаторічних видів бур'янів територію можна звільнити проведенням завчасних захисних заходів, то від однорічних видів такі прийоми потрібного ефекту забезпечити не здатні через наявність в орному шарі ґрунту великої кількості насіння, що активно щороку проростає. З огляду на це, розроблення ефективних, екологічних і надійних систем захисту молодих насаджень верби енергетичної від бур'янів без застосування ручної праці є питанням актуальним для сучасного аграрного виробництва країни.

Особливості процесів забур'янення в насадженнях верби досліджували впродовж 2012–2016 рр. у польових дослідках. Методику й умови проведення досліджень докладно висвітлено в розділі 2.

Умови вегетаційного періоду в роки проведення досліджень були різними, проте загалом сприятливими для росту й розвитку як рослин культури, так і наявних на полях видів бур'янів. Здерев'янілі живці верби енергетичної, висаджені в ґрунт у першій декаді квітня, за умов перебування у вологому ґрунті з достатньою аерацією орного шару успішно приживалися.

На підземних частинах живців на місці колатеральних бруньок розпочиналося формування придаткових коренів, що забезпечували нові рослини водою і мінеральним живленням із ґрунту. Присутні над поверхнею ґрунту 2–3 бруньки поступово розпускалися. Із верхніх бруньок формувалися молоді пагони на яких розвивалися ланцетоподібні листкові пластинки, що забезпечували молоді рослини органічними речовинами, завдяки здійсненню процесів фотосинтезу.

Формування у живців нових основних частин рослин – коренів, стебел та листків є досить тривалим процесом і займає в середньому від 30 до 60 діб. Упродовж такого періоду регенерації основних частин молодих рослин, укорінені живці верби енергетичної не могли забезпечити високий рівень конкуренції сходам бур'янів, які активно розпочинали свою вегетацію в насадженнях і освоювали наявні вільні екологічні ніші.

У роки проведення досліджень забур'яненість насаджень верби енергетичної мала змішаний характер. Поява сходів бур'янів розпочиналася в

середньому через 5–7 діб після проведення суцільної культивуції площі та садіння живців культури (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

**Динаміка чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної,
середнє за 2012–2016 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Просо півняче	5,8	19,1	24,5	24,9	24,9
Мишій сизий	7,3	27,9	35,2	38,1	38,1
Лобода біла	8,7	14,8	17,2	18,0	7,4
Лобода гібридна	3,5	7,6	9,2	9,4	9,7
Гірчиця польова	6,4	7,5	7,9	7,9	8,4
Талабан польовий	5,2	6,9	7,4	7,4	7,6
Гірчак шорсткий	9,5	11,6	13,5	13,5	13,5
Гірчак березкоподібний	4,9	8,4	9,3	9,3	9,3
Паслін чорний	7,2	9,2	10,1	10,3	10,3
Блекота чорна	4,5	6,3	6,3	6,3	6,3
Пирій повзучий	8,1	12,8	17,0	17,0	19,2
Осот рожевий	2,1	2,7	3,0	3,2	3,2
Інші види	7,5	4,3	10,2	10,3	10,5
Бур'яни, усього	80,7	139,1	170,8	175,6	168,4
НІР _{0,05}	0,5	0,9	1,2	1,4	1,4

Упродовж років досліджень на час проведення перших обліків (10.05) у насадженнях верби енергетичної наймасовішими були сходи гірчака шорсткого (*Polygonum scabrum* Moench.) – 9,5 шт./м², лободи білої (*Chenopodium album* L.) – 8,7, пирію повзучого (*Elymus repens* (L.) Gould) – 8,1, мишію сизого (*Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv.) – 7,3, пасльону чорного (*Solanum nigrum* L.) – 7,2, гірчиці польової (*Sinapis arvensis* L.) – 6,4 та проса півнячого (*Echinochloa crus-*

galli (L.) Pal. Beauv.) – 5,8 шт./м². Загалом же в насадженнях налічувалося до 80,7 шт./м² сходів бур'янів різних видів.

Молоді рослини верби енергетичної в перший рік вегетації були нездатні успішно і повно освоювати площу поля. Простір біля рослин культури був вільною екологічною нішею, яку успішно та інтенсивно освоювали рослини диких видів – бур'янів.

До часу проведення других обліків забур'яненості насаджень верби енергетичної (10.06) чисельність бур'янів зростала до 139,1 шт./м². Уже наявні рослини інтенсивно поповнювалися сходами пізніх ярих видів: проса півнячого, мишію сизого, пасльону чорного, блекоти чорної (*Hyosciamus niger* L.) та інших.

Активно нарощували свою присутність і рослини багаторічних видів, як-от пирій повзучий та осот рожевий (*Cirsium arvense* L.). Загальна кількість рослин бур'янів у насадженнях верби енергетичної зростала до 139,1 шт./м². Наймасовішими у цей період були рослини мишію сизого – 27,9 шт./м², або 20,1 % у загальній структурі забур'янення, проса півнячого – 19,1, або 13,7 %, лободи білої – 14,8, або 10,6 %, пирію повзучого – 12,8, або 9,2 % та гірчака шорсткого – 11,6 шт./м², або 8,3 %.

Погодні умови і наявність вільного простору в поєднанні з доступною вологою та достатнім мінеральним живленням сприяли активному росту й розвитку всіх рослин, що були присутні в насадженнях верби енергетичної. Бур'яни нарощували висоту стебел і формували частину свого листя у верхніх ярусах синузій. Такі листки мали гарантоване енергетичне забезпечення, передусім потоком енергії ФАР, тож могли інтенсивно фотосинтезувати та формувати достатню кількість високоенергетичних органічних речовин.

На час проведення чергових обліків (10.07) чисельність бур'янів досягла середніх показників 170,8 шт./м². Рослини бур'янів, що розпочинали свою вегетацію ще в травні, у цей період перебували на віргінальному та генеративному етапах онтогенезу. Це було характерно для рослин лободи білої,

лободи гібридної (*Ch. hybridum* L.), талабану польового (*Thlaspi arvense* L.), гірчака шорсткого, гірчака березкоподібного (*P. convolvulus* L.) та інших.

Рослини проса півнячого, мишію сизого, блекоти чорної, осоту рожевого, що розпочали свою вегетацію в червні, здебільшого перебували на іматурному та віргінальному етапах свого онтогенезу.

На час проведення наступних обліків бур'янів у насадженнях верби енергетичної (10.08) її рослини активно формували пагони, які розпочинали процеси лігніфікації (здере́в'яні́ння), тобто набуття відповідного рівня ригідності – механічної міцності нових стебел. Частину листового апарату молодих рослин культури була затінено сусідніми високими рослинами бур'янів. Серед останніх високорозміщені листки були характерні для рослин проса півнячого, лободи білої та гібридної, гірчака березкоподібного, пасльону чорного, блекоти чорної, осоту рожевого.

Наприклад, рослини пирію повзучого були для молодих рослин культури не лише конкурентами за мінеральне живлення і воду, а й виявляли активний негативний алелопатичний вплив на кореневу систему сусідів своїми кореневими виділеннями – колінами, що мають фенольну хімічну природу та блокують ріст і роботу коренів багатьох видів рослин.

На час проведення останніх обліків у насадженнях верби енергетичної (10.09) частина рослин бур'янів, що розпочинала свій ріст і розвиток на початку травня, уже завершила вегетацію. Передусім це рослини талабану польового, гірчиці польової, кучерявця Софії (*Sisymbrium sophia* L.), рутки лікарської (*Fumaria officinalis* L.) та деяких інших видів.

Відсоткові показники зміни чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної відповідно до першого (10.05) та останнього облікового періоду (10.09) за даними 2012–2016 рр. наведено на рисунку 4.5.

Отже, максимальні показники збільшення чисельності рослин бур'янів зафіксовано в таких видів: мишій сизий – 522 %, просо півняче – 429, лобода гібридна – 277, пирій повзучий – 237 %.

Що стосується пирію повзучого, то здебільшого залишається спірним питання – чи це нові рослини, що утворилися з насіння, чи все ж чергова брунька, що проросла з кореневища материнської рослини. Складність аналізування популяції пирію полягає в тому, що поширення його кореневищ у ґрунті переважно відбувається нерівномірно та ґрунтообробні знаряддя додатково можуть сприяти утворенню нових рослин. А отже, для того, щоб підрахувати, які проростки пирію утворилися з насіння, а які з одного кореневища, потрібно провести облік чисельності суцільно, по всій поверхні дослідних ділянок, причому частина молодих рослин, що проростають із насіння буде знищена. Оскільки формально з'явлення нового проростка бур'яну вважається окремою рослиною, то ми підраховували загальну кількість нових проростків пирію повзучого на одиницю площі поля. Отже, на нашу думку, така значна інтенсивність збільшення чисельності цього виду пов'язана не тільки з насіннєвим способом розмноження, а й передусім вегетативним.

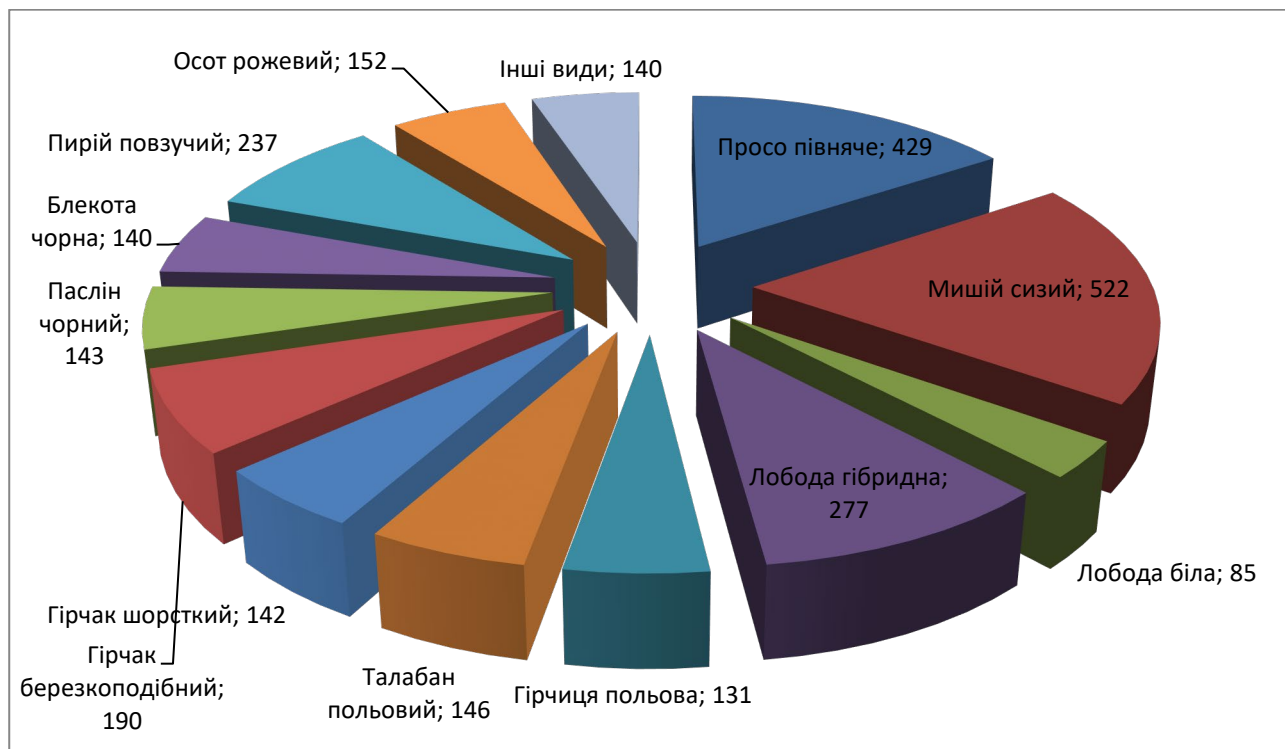


Рис. 2.3. Відсоток зміни чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної між першим (10.05) та останнім обліковим періодом (10.09), середнє за 2012–2016 рр.

Від часу появи сходів рослин бур'янів на поверхні ґрунту, або розпускання колатеральних бруньок на здерев'янілих живцях верби енергетичної, і формування органів, що здатні здійснювати процеси фотосинтезу, розпочинається процес створення проективного покриття поверхні поля і поглинання частини падаючого потоку енергії сонячних променів. Для процесів фотосинтезу потрібна енергія світла, насамперед енергія ФАР (частини сонячного спектру з довжиною світлових хвиль від 380 до 710 н.м., яка становить 40–45 % усього потоку променевої енергії сонця). Замість потоку світла на поверхні ґрунту присутня тінь листків і стебел рослин, що формують проективне покриття.

На величину і оптичну щільність проективного покриття впливає багато чинників: площа листків рослин, що вегетують на полі, просторове розміщення листків, специфіка габітусу рослин і листкова мозаїка, рівень розвитку рослин, їхня чисельність тощо.

Обліки особливостей проективного покриття полів з однорічними живцями верби енергетичної в роки проведення досліджень встановили, що молоді рослини культури формують дуже малу площу такого покриття, особливо у першу половину вегетаційного періоду.

Середні показники рівня проективного покриття на час проведення перших обліків 10.05 зафіксували такі результати: сумарно всі види бур'янів, що були присутні в насадженнях верби енергетичної, формували 46,0 % покриття площі поля. Рослини культури (посаджені живці) ще не формували значної частки проективного покриття, вона становила лише 1,5 % (табл. 2.14).

Серед видів бур'янів найбільшу частку в проективному покритті забезпечували: лобода біла – 11,3 %, талабан польовий – 9,5, лобода гібридна – 4,6, паслін чорний – 2,9, гірчак шорсткий – 2,2 %. На час проведення обліків вільного простору на насадженнях було достатньо для всіх рослин, що розпочинали свою вегетацію весною.

У результаті активних процесів росту й розвитку вже через 30 діб, тобто станом на 10.06, ситуація в насадженнях змінювалась. Рослини культури

формували листки і починали утворення нових пагонів. Їхнє проективне покриття збільшилося до 2,3 %. Присутня в насадженнях верби енергетичної дика рослинність заповнювала всі наявні екологічні ніші та формувала проективне покриття на 74,6 % поверхні поля.

Таблиця 2.14

**Динаміка формування проективного покриття поверхні поля
в насадженнях верби енергетичної, середнє за 2012–2016 рр., %**

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Верба енергетична	1,5	2,3	3,4	6,7	9,7
Просо півняче	1,2	4,4	5,9	5,6	6,4
Мишій сизий	1,4	5,9	7,8	8,0	9,0
Лобода біла	11,3	20,6	25,2	24,8	11,5
Лобода гібридна	4,6	10,6	13,5	12,9	15,0
Гірчиця польова	1,1	1,4	1,5	1,5	1,7
Талабан польовий	9,5	13,5	15,2	14,3	16,5
Гірчак шорсткий	2,2	2,9	3,5	3,3	3,7
Гірчак березкоподібний	1,1	2,1	2,4	2,3	2,5
Паслін чорний	2,9	3,9	4,5	4,3	4,9
Блекота чорна	1,8	2,7	2,8	2,6	3,0
Пирій повзучий	0,9	1,5	2,2	2,0	2,6
Осот рожевий	0,6	0,8	1,0	1,0	1,1
Інші види	7,3	4,5	11,2	10,6	12,2
Бур'яни, усього	46,0	74,6	96,6	93,3	90,1
Загальна площа проективного покриття	47,5	76,9	100,0	100,0	99,8

Серед видів бур'янів найбільшу частку у формуванні проективного покриття мали рослини лободи білої – 20,6 %, талабану польового – 13,5,

лободи гібридної – 10,6, мишію сизого – 5,9, проса півнячого – 4,4, пасльону чорного – 3,9 %.

Створення повного проективного покриття істотно змінювало умови проростання насіння бур'янів і проходження ювенільного етапу онтогенезу молодих рослин, що розпочинали свою вегетацію в насадженнях верби енергетичної. Значне зменшення інтенсивності падаючого потоку енергії ФАР листям, що доходила до поверхні поля, ускладнювала можливість здійснювати процеси фотосинтезу. Над новими сходами був розміщений специфічний оптичний фільтр із листків рослин, які розпочали вегетацію раніше.

Навіть наявність світла під вищерозміщеними листовими пластинками ще не забезпечувала потрібного енергетичного живлення новим сходам. Адже таке світло пройшло через листові пластинки і здебільшого мало довжину хвиль 510–600 н.м, тобто належало до зеленої частини сонячного спектру, так званого «зеленого вікна», який рослини майже не використовують для забезпечення процесів фотосинтезу.

Відносно успішно нові рослини бур'янів могли розвиватися лише в тих локальних місцях насаджень, до вони росли з нещільним проективним покриттям вищих рослин. Оптична щільність проективного покриття в насадженнях верби енергетичної повільно зростала завдяки поступовому збільшенню площі листків як бур'янів, так і рослин культури.

Обліки показників величини проективного покриття насаджень верби енергетичної на 10.07 зафіксували поступове наростання в такому процесі частки рослин культури. Вона становила в середньому 3,4 %.

Серед бур'янів найбільшу частку у формуванні проективного покриття поверхні ґрунту мали такі види: лобода біла – 25,2 %, талабан польовий – 15,2, лобода гібридна – 13,5, мишій сизий – 7,8 та просо півняче – 5,9 %.

Більшість рослин бур'янів, що були присутні в насадженнях верби енергетичної на час проведення обліків, перебували на віргінальному та генеративному етапах онтогенезу, тобто мали максимальну площу листового

апарату і, відповідно, формували оптично найщільніше проективне покриття поверхні ґрунту.

На час проведення наступних обліків рівня проективного покриття (10.08) у роки проведення досліджень рослини культури поступово збільшували свою частку серед інших рослин синузій, що були сформовані в насадженнях верби енергетичної. У середньому молоді рослини, що розвивались із живців, формували 6,7 % проективного покриття. Відповідно молоді рослини верби енергетичної навіть на кінець першої декади серпня ще були далекі від можливостей стати домінантними в синузіїх. Основну роль у насадженнях відігравали розвинені рослини бур'янів різних видів. Їхня загальна частка у формуванні проективного покриття була 93,3 %. Серед видів бур'янів найбільшу частку у формуванні проективного покриття мали рослини: лободи білої – 24,8 %, талабану польового – 14,3, лободи гібридної – 12,9, мишію сизого – 8,0 %.

На час проведення останніх обліків (10.09) ситуація в насадженнях верби енергетичної змінювалась. Рослини культури ще активно продовжували ростові процеси пагонів з одночасною лігніфікацією їхніх базальних частин, тобто молоді пагони поступово дерев'яніли. Частка рослин верби енергетичної у формуванні проективного покриття в насадженнях зростала в середньому до 9,7 %. Рослини бур'янів різних видів індивідуально проходили етапи своїх онтогенезів. Більшість видів перебувала на сенільному етапі. Завершувалися процеси формування насіння, частково воно опадало, поступово відмирили листки й самі рослини. Це здебільшого представники таких видів як просо півняче, мишій сизий, гірчиця польова, гірчак березкоподібний та гірчак шорсткий.

Рослини лободи білої, лободи гібридної та талабану польового продовжували активну вегетацію. Змінювалася й величина проективного покриття в насадженнях верби енергетичної. Воно вже було неповним. На час проведення обліків рослини бур'янів здатні були затінювати в середньому 90,1 % поверхні ґрунту. Прямі сонячні промені знову доходили до ґрунту, що давало змогу новим молодим сходам зимуючих видів бур'янів успішно

розпочинати свій ріст і розвиток. У насадженнях культури наприкінці вегетації з'являлися нові сходи талабану польового, гірчиці польової, кучерявця Софії, ромашки непахучої (*Matricaria inodora* L.), підмаренника чіпкого, сухоребрика високого (*Sisimbrium altissimum* L.) та інших. Традиційно вони формували розетки з молодих листків і після періоду осінньої вегетації успішно зимували.

У процесі життя всі види рослин, що були присутні в насадженнях верби енергетичної першого року вегетації, формували свою наземну масу. Роль кожного виду в синузях рослин, що формувалися протягом теплого періоду року, найточніше відображає частка маси, яку мають рослини такого виду в загальній масі синузії.

Проведення суцільної культивації площі перед садінням живців верби енергетичної знищувало всі сходи рослин бур'янів, що зимували або проросли весною раніше. Після появи сходів нових рослин бур'янів і переходу на автотрофне енергетичне живлення завдяки використанню фотосинтезу розпочалося формування органічних речовин і накопичення маси. У молодих рослин, що активно здійснюють ростові процеси, уміст сухих речовин у тканинах наближається до 20 % їхньої маси. Основним компонентом маси таких рослин є вода. Поступово частка води в тканинах зменшується.

У дослідженнях 2012–2016 рр. на час проведення перших обліків у насадженнях верби енергетичної (10.05) середні показники маси рослин бур'янів становили 158,3 г/м². Найбільшу біомасу формували рослини осоту рожевого – 23,2 г/м², гірчиці польової – 17,7, гірчака шорсткого – 12,2, лободи білої – 12,2, пирію повзучого – 10,0 г/м² та інших видів (табл. 2.15).

Активні процеси фотосинтезу забезпечували рослинам бур'янів на ювенільному та іматурному етапах онтогенезу активний ріст і розвиток та накопичення маси в наземних частинах. До часу проведення обліків 10.06 сумарна маса видів бур'янів у насадженнях верби енергетичної істотно збільшувалася й становила в середньому 769,9 г/м², або зростала порівняно з показниками попереднього обліку в 4,9 раза. Найвагомішу частку в загальній масі бур'янів формували рослини гірчиці польової – 80,7 г/м², або 10,5 %,

лободи білої – 79,6, або 10,3, гірчака шорсткого – 74,1, або 9,6, пирію повзучого – 74,1, або 9,6, осоту рожевого – 66,4 г/м², або 8,6 %.

Таблиця 2.15

**Динаміка накопичення вегетативної маси бур'янів у насадженнях
верби енергетичної, середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Верба енергетична	36,5	161,6	338,8	406,5	521,2
Просо півняче	7,8	47,6	311,9	327,4	288,7
Мишій сизий	7,8	56,4	352,8	378,3	325,2
Лобода біла	12,2	79,6	404,8	418,1	378,3
Лобода гібридна	4,4	17,7	192,4	211,3	194,7
Гірчиця польова	17,7	80,7	342,9	315,2	280,9
Талабан польовий	8,8	59,7	206,8	179,2	151,5
Гірчак шорсткий	12,2	74,1	152,6	144,9	117,2
Гірчак березкоподібний	6,6	53,1	215,7	203,5	168,1
Паслін чорний	7,8	35,4	344,0	404,8	411,4
Блекота чорна	4,4	38,7	213,5	236,7	215,7
Пирій повзучий	10,0	74,1	192,4	212,4	180,3
Осот рожевий	23,2	66,4	261,0	293,1	269,9
Інші види	35,4	86,3	232,3	223,4	202,4
Бур'яни, усього	158,3	769,8	3423,1	3548,3	3184,3
НІР _{0,05}	1,1	2,5	17,3	18,9	17,5

Протягом наступного періоду до часу проведення чергових обліків величини накопичення маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної (10.07) інтенсивність формування біомаси була високою. У середньому за роки

проведення досліджень вона становила 3423,1 г/м², або зростала порівняно з попередніми обліками в 4,5 рази.

У названий період значна частина рослин різних видів бур'янів перебувала на віргінальному та генеративному етапах свого онтогенезу, формувала максимально велику площу листового апарату, поглинала найбільшу кількість сполук мінерального живлення і води, мала найінтенсивніший обмін речовин. Негативний вплив бур'янів, як конкурентів рослинам культури за чинники життя, був максимальним.

Серед видів бур'янів у насадженнях верди енергетичної найбільшу масу формували рослини лободи білої – 404,8 г/м², або 11,8 %, мишій сизий – 352,8, або 10,3, паслін чорний – 344,0, або 10,0, гірчиця польова – 342,9, або 10,0, просо півняче – 311,9 г/м², або 9,1 %.

На наступному етапі органогенезу рослини більшості видів бур'янів, що були присутні в насадженнях верби енергетичної, завершували процеси цвітіння і формували насіння. Значного зростання величини маси наземних частин зафіксовано не було. Проте в рослинах відбувались істотні якісні зміни. Стебла поступово зменшували вміст води і збільшували вміст сухих речовин, рослини плавно переходили на сенільний етап онтогенезу.

Обліки, проведені на 10.08, зафіксували найвищі показники накопичення маси в наземних частинах рослин бур'янів – 3548,2 г/м². Деякі види бур'янів, як-от лобода біла, лобода гібридна та паслін чорний, продовжували нарощування маси рослин, інші ж види – талабан польовий, гірчиця польова – були на сенільному етапі онтогенезу і поступово скидали сухі листки й достигле насіння.

Активно вегетували і рослини-багаторічники. Наростання маси наземних частин було зафіксоване в рослин пирію повзучого та осоту рожевого. Це за умови, що названі види мають ще й багаторічні підземні частини, які в цей період активно поповнюють у них запаси пластичних речовин на зимовий період життя.

Рослини верби енергетичної поступово припиняли процеси активного росту молодих пагонів. Відбувалося закладання на пагонах нових апікальних і колатеральних бруньок для вегетації наступного року, проходили процеси лігніфікації пагонів та їхнє досягання для наступної зими, формування відповідних запасів пластичних речовин у клітинах паренхіми стебел і коренів.

Останні в період вегетації обліки маси бур'янів здійснювали 10.09. У роки проведення досліджень вони фіксували зменшення величини накопиченої біомаси порівняно з показниками попередніх обліків. Так, середня величина маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної була 3184,3 г/м², або стала меншою на 10,3 %. Таке зниження маси наземних частин бур'янів може бути пояснене тим, що рослини на час проведення обліків у своїй більшості перебували на сенільному етапі онтогенезу. Достигле насіння осипалося на ґрунт, опадали відмерлі листки, стебла після відмирання втрачали зі своїх тканин вологу. У процесі обліків такі важливі складники практично не враховували. Серед видів бур'янів найбільшу частку у формуванні маси мали рослини пасльону чорного – 411,4 г/м², або 12,9 %, лободи білої – 378,3, або 11,9, мишію сизого – 325,2, або 10,2, проса півнячого – 288,7, або 9,1, гірчиці польової – 280,9 г/м², або 8,8 %.

Зростання в загальній біомасі частки маси рослин пасльону чорного є закономірним. Специфіка рослин цього виду полягає в тому, що вони активно вегетують і формують у результаті інтенсивного фотосинтезу пластичні речовини аж до настання від'ємних температур повітря. На рослинах пасльону чорного одночасно представлені різні фази розвитку: від цвітіння квіток до повного досягання ягід.

Рослини видів лободи (білої та гібридної) після досягання насіння легко його осипають. Це типові барохорні види рослин. Стебла таких видів зберігають зелене забарвлення й обмінні процеси практично до настання осінніх заморозків.

Рослини верби енергетичної на час проведення обліків практично припиняли процеси росту пагонів і поступово завершували їхню лігніфікацію.

Листки ще зберігали зелене забарвлення і здійснювали процеси фотосинтезу. Рослини формували запаси пластичних речовин у тканинах, які будуть потрібні для наступної успішної перезимівлі.

Практично до кінця вегетаційного періоду в насадженнях верби енергетичної першого року після садіння рослини культури вони успішно перетворювались із живців у молоді повноцінні рослини, що мають корені, стебло і здерев'янілі пагони. Проте такі рослини за рік вегетації не стають домінантами і тим більше не здатні бути едифікаторами в рослинних синузіїх.

У молодих насадженнях верби енергетичної для рослин бур'янів створюються досить сприятливі умови вегетації, які проявлялися не лише у їхній здатності нарощувати масу та оптично щільне проективне покриття, а й у можливостях формувати плоди і насіння. Для більшості видів однорічних бур'янів розмноження і поширення за допомогою плодів і насіння є основним.

Обстеження, які проводили в роки досліджень, довели, що в насадженнях верби енергетичної більшість бур'янів є барохорними видами, тобто бур'янами, які розповсюджують своє насіння, використовуючи його вагу. Саме такими є основна кількість видів, які вегетували в перший рік життя рослин культури. Лише осот рожевий, осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.), осот городній (*S. oleraceus* L.), пушняк канадський (*Erygeron canadensis* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinalis* Webb. ex Wigg.), які були присутні в насадженнях, належать до анемофорних видів і розповсюджують своє насіння за допомогою вітру.

Упродовж років проведення досліджень (2012–2016 рр.) рівень насіннєвої продуктивності в кожного виду бур'янів істотно змінювався, однак узагальнені показники наведено в таблиці 2.16.

Найвищі середні показники насіннєвої продуктивності за роки досліджень зафіксовано в рослин блекоти чорної – 404,5 тис. шт./рослину, лободи білої – 92,1 тис., пасльону чорного – 29,4 тис., осоту рожевого – 23,2 тис., гірчиці польової – 17,1 тис., гірчака шорсткого – 9,0 тис., мишію сизого – 5,2 тис. шт./рослину.

Рівень насіннєвої продуктивності бур'янів у насадженнях верби енергетичної, середнє за 2012–2016 рр., тис. шт./рослину

Вид бур'яну	Насіннєва продуктивність, тис. шт./рослину
Просо півняче	4,6
Мишій сизий	5,2
Лобода біла	92,1
Лобода гібридна	24,8
Гірчиця польова	17,1
Талабан польовий	1,7
Гірчак шорсткий	9,0
Гірчак березкоподібний	6,6
Паслін чорний	29,4
Блекота чорна	404,5
Пирій повзучий	0,4
Осот рожевий	23,2
Інші види	10,0
Бур'яни, усього	628,6
НІР _{0,05}	0,11

Взаємодія рослин у синузях у насадженнях верби енергетичної між собою в процесі вегетації була складною і проявлялась у різних формах. Рослини бур'янів на етапах органогенезу проявляли різні впливи на сусідів, причому між рослинами як одного, так і різних видів. Ця взаємодія полягала в обміні кореневими виділеннями – колінами, фітонцидами та маразміними, а також у конкуренції за чинники життя – світло, вологу, сполуки мінерального живлення. Питання взаємин рослин складне й багатопланове і ще потребує всебічного дослідження в майбутньому.

Оптимальність умов вегетації рослин культури першого року вегетації оцінювали за показниками середньої довжини річних пагонів. Методику обліку приростів пагонів верби енергетичної докладно наведено в розділі 2.

Присутність бур'янів у насадженнях верби енергетичної від часу садіння живців у ґрунт до проведення перших обліків 10.05 забезпечувала формування маси в обсязі 158,3 г/м². Після знищення рослин бур'янів і подальшої вегетації насаджень верби енергетичної у вільному від них стані річний приріст пагонів становив у середньому за роки проведення досліджень 146 см, або на 3,9 % меншим від довжини пагонів культури на ділянках, що вегетували без бур'янів протягом усієї вегетації (проведення шести послідовних ручних прополювань). Такі відхилення показників правомірно назвати лише тенденцією, оскільки вони менші за величину НІР_{0,05} у дослідях.

Збільшення тривалості спільної вегетації бур'янів і верби енергетичної від часу садіння в першій декаді квітня до 10.06 (60 діб) посилювало негативний вплив бур'янів на рослини культури. Дикі види за такий період вегетації формували в середньому 769,9 г/м² маси.

Подальше звільнення ділянок насаджень верби енергетичної від бур'янів не забезпечувало повної компенсації попереднього пригнічення. Річний приріст пагонів культури на таких ділянках становив у середньому 116 см, що на 36 см, або на 23,7 % поступалося максимальним показникам у досліді (вегетація насаджень верби енергетичної без присутності бур'янів) (табл. 2.17).

Таблиця 2.17

Величина приростів пагонів верби енергетичної залежно від тривалості присутності бур'янів у насадженнях, середнє за 2012–2016 рр., см

Накопичення бур'янами маси на час обліку, г/м ²	Тривалість спільної вегетації, діб					
	без бур'янів	30	60	90	120	150
0,0	152	—	—	—	—	—
158,3	—	146	—	—	—	—
769,9	—	—	116	—	—	—
3423,1	—	—	—	73	—	—
3548,2	—	—	—	—	70	—
3184,3	—	—	—	—	—	68

НІР_{0,05} для маси бур'янів – 11,2; для приростів верби – 3,4.

Тривалість спільної з бур'янами вегетації рослин верби енергетичної від часу садіння до 10.07 (протягом 90 діб) забезпечувала формування в середньому $3423,1 \text{ г/м}^2$ маси диких видів. Наступний період вегетації рослини культури не зазнавали негативного впливу бур'янів (їх видаляли вручну й утримували ділянки без їхньої присутності до кінця вегетаційного періоду). Приріст пагонів у рослин верби енергетичної за роки проведення досліджень становив у середньому 73 см, тобто він був меншим порівняно з величиною приростів у рослин, що вегетували без впливу бур'янів протягом усієї вегетації, на 79 см, або на 51,9 %.

Подовження спільної вегетації рослин верби енергетичної і бур'янів до 120 діб (до 10.08) виявляло потужний негативний вплив на рослини культури. Видалення бур'янів із насаджень не компенсувало попереднього пригнічення рослин верби. Величина річних приростів пагонів у молодих рослин була 70 см, тобто зниження становило 82 см, або 53,9 % порівняно з величиною максимально можливих у дослідженнях приростів.

Присутність бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації протягом усього теплого періоду року виявляло максимальний негативний вплив на рослини культури. Довжина пагонів річних приростів у молодих рослин верби внаслідок гострої конкуренції бур'янів становила в середньому 68 см, що на 84 см, або на 55,3 % поступалося показникам контрольного варіанту (без бур'янів).

Вихід твердого біопалива та енергії з одиниці площі поля є узагальнювальними ознаками, які лише доповнюють наведені вище результати проведених польових досліджень. Так, дані щодо врожайності сухої біомаси верби енергетичної та можливого виходу з неї твердого біопалива та енергії за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях наведено в таблиці 2.18.

Отже, як бачимо з отриманих даних максимальна врожайність сухої біомаси верби енергетичної першого року життя формується в чистих від бур'янів насадженнях – 3,19 т/га, а за спільної вегетації з бур'янами впродовж 30 діб можна отримати 2,97 т/га біомаси.

**Урожайність сухої маси, вихід твердого біопалива та енергії
за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях верби
енергетичної, середнє за 2012–2016 рр.**

Тривалість спільної вегетації, діб	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Без бур'янів	3,19	3,51	64,9
30	2,97	3,26	60,4
60	2,26	2,49	46,1
90	1,40	1,54	28,6
120	1,28	1,40	26,0
150	1,12	1,23	22,7
НІР _{0,05}	0,17	0,20	—

За аналогією з урожайністю сухої речовини на цих варіантах ми отримали 3,51 і 3,26 т/га біопалива, що рівнозначно 64,9 і 60,4 ГДж/га енергії. Спільна вегетація верби енергетичної першого року життя з бур'янами впродовж 90–150 діб призвела до недобору енергії у сформованому врожаї у 2,27–2,85 раза порівняно із чистим контролем.

2.5. Бур'яни в насадженнях верби енергетичної другого року вегетації

Рослини верби енергетичної першого року вегетації активно відновлювали втрачені наземні частини та утворювали потужну кореневу систему і запас поживних речовин. А тому на наступний рік відновлення вегетації та утворення рослинами нового листя відбулося значно раніше, ніж у рік закладання плантацій культури. Це, зі свого боку, вплинуло на конкурентну боротьбу за чинники живлення з бур'янами, присутніми в агрофітоценозі.

Передусім варто відзначити, що запасів насіння у верхньому шарі ґрунту було достатньо для потужного відростання всіх без винятку видів бур'янів, представлених і в перший рік на ділянках досліду.

Дані щодо динаміки чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної другого року вегетації наведено в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

**Динаміка чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної
другого року вегетації, середнє за 2013–2017 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Просо півняче	5,4	10,5	7,8	5,4	3,2
Мишій сизий	7,6	15,6	11,2	8,7	6,1
Лобода біла	8,9	9,8	9,5	8,3	7,5
Лобода гібридна	3,6	4,2	4,0	3,0	2,8
Гірчиця польова	5,0	6,0	5,6	3,2	2,1
Талабан польовий	4,1	5,0	4,5	3,7	2,4
Гірчак шорсткий	8,6	10,0	9,2	8,7	5,6
Гірчак березкоподібний	4,7	5,3	5,0	3,8	2,3
Паслін чорний	6,2	7,7	7,1	6,2	5,1
Блекота чорна	3,4	4,0	3,6	1,8	0,6
Пирій повзучий	3,2	4,5	3,8	2,8	1,7
Осот рожевий	1,0	1,4	1,8	1,6	1,3
Інші види	7,0	5,6	3,9	2,8	2,0
Бур'яни, усього	68,7	89,5	77,0	60,0	42,7
НІР _{0,05}	0,10	0,12	0,10	0,09	0,10

Слід відзначити, що відновлення вегетації рослин верби енергетичної призводить до часткового затінення поверхні ґрунту. Однак, як бачимо на рисунку 2.4, цього недостатньо для ефективного контролювання бур'янів у насадженнях другого року вегетації.



**Рис. 2.4. Загальний вигляд насаджень верби енергетичної
другого року вегетації**

Передусім різниця між деревними рослинами та, наприклад, міскантусом гігантським, полягає в тому, що прирости останнього значно інтенсивніші. Саме за рахунок інтенсивних лінійних приростів рослини міскантусу гігантського можуть досить швидко затінити поверхню поля і тим самим виграти конкурентну боротьбу за світло. Тоді як рослини верби енергетичної, навіть за умови відростання з приростів першого року вегетації, мають швидкість лінійного росту не більше 2 см за добу. А от за даними Я. Д. Фучила та О. О. Афоніна на початку вегетації середньодобові прирости у верби й того менші – 1,0–1,5 см.

А отже, за ширини міжрядь 70 см, рослинам верби, для того, щоб домінувати в агроценозі, потрібно як мінімум 30 діб після відновлення

вегетації. Водночас уже наявні в насадженнях ранні ярі та зимуючі види бур'янів не дають культурним рослинам такої форми.

Станом на 10.05 у насадженнях верби енергетичної другого року вегетації були присутні всі види бур'янів, що й у перший рік. Загалом чисельність усіх видів становила 68,7 шт./м², а от максимальні значення були в таких видів, як: лобода біла, гірчак шорсткий, мишій сизий, паслін чорний.

У наступний період обліку (10.06) кількість бур'янів у насадженнях верби енергетичної другого року вегетації збільшилася до 89,5 шт./м², а от максимальні показники чисельності були вже в таких видів, як: мишій сизий, просо півняче, гірчак шорсткий.

Станом на 10.07 сума лінійних приростів верби енергетичної другого року вегетації була достатньою для обмеження надходження світла до поверхні ґрунту, а тому це сприяло мінімізації проростання нових рослин бур'янів та частковому відмиранню низькорослих видів. Загальна чисельність представників усіх видів досягала 77 шт./м². При цьому варто відзначити, щотакі види, як лобода біла та лобода гібридна суттєво не знижували своєї присутності на полях.

За обліків 10.08 загальна чисельність бур'янів зменшувалася порівняно з попереднім обліковим періодом до 60 шт./м². Цьому сприяло не тільки обмеження доступу до енергії світла, але й те, що багато рослин ранніх ярих видів, за недостатнього надходження енергії, раніше завершили свою вегетацію. В останній обліковий період загальна чисельність бур'янів була 42,7 шт./м², що у 2,1 раза менше максимальних значень по досліді.

Особливості формування чисельності деяких видів бур'янів позначилися й на динаміці накопичення сухої маси бур'янів у плантаціях верби енергетичної другого року вегетації (табл. 2.20).

Отже, як бачимо з результатів проведених досліджень, станом на перший обліковий період (10.05) суха маса деяких видів була мінімальною, оскільки вони тільки з'являлися у вигляді проростків на поверхні ґрунту. Рослини верби

формували 297,1 г/м² сухої маси, оскільки їхню наземну частину не зрізали в перший рік досліджень, а бур'яни загалом – 2,2 г/м².

Таблиця 2.20

**Динаміка накопичення сухої маси бур'янів на плантаціях верби
енергетичної другого року вегетації, середнє за 2013–2017 рр., г/м²**

Вид	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Верба енергетична	297,1	328,4	359,6	406,5	521,2
Просо півняче	0,0	4,8	4,7	3,7	2,3
Мишій сизий	0,0	6,0	5,8	5,1	3,9
Лобода біла	0,0	10,0	12,8	12,2	12,6
Лобода гібридна	0,0	5,8	7,2	5,8	6,3
Гірчиця польова	1,5	9,2	11,4	7,0	5,4
Талабан польовий	0,6	2,1	2,4	2,3	1,6
Гірчак шорсткий	0,0	6,9	8,4	8,7	6,3
Гірчак березкоподібний	0,0	2,6	3,2	2,7	1,8
Паслін чорний	0,0	3,4	4,2	4,2	3,8
Блекота чорна	0,0	1,8	2,1	1,2	0,4
Пирій повзучий	0,0	2,5	2,4	1,9	1,3
Осот рожевий	0,1	1,8	2,6	2,5	2,5
Інші види	0,0	1,0	1,0	0,9	0,6
Бур'яни, усього	2,2	58,0	68,1	58,2	48,8
НІР _{0,05}	—	0,2	0,3	0,2	0,1

Станом на 10.06 усі види бур'янів утворили повноцінні сходи, а тому їхня загальна суха маса становила 58,0 г/м². Максимальні показники формували такі види, як: лобода біла – 10,0 г/м², гірчиця польова – 9,2, гірчак шорсткий – 6,9 та мишій сизий – 6,0 г/м².

А от вже на наступний період обліку рослини верби енергетичної утворили суху масу на рівні $359,6 \text{ г/м}^2$, що в 5,3 раза більше, ніж сумарна маса бур'янів. Це значить, що домінування верби енергетичної та конкуренція за ресурси енергії сонця беззаперечна і рослини бур'янів не можуть отримувати достатньої кількості світла для свого успішного росту й розвитку.

Як свідчать дані обліків, проведених станом на 10.08 та 10.09, рослини бур'янів виживали й зберігали суху масу на рівні $58,2\text{--}48,8 \text{ г/м}^2$, однак у верби значення цього показника були більшими в 7,0 та 10,7 раза відповідно. А отже, кількості світла, що надходило до всіх без винятку видів бур'янів, вистачало лише на підтримання мінімальних процесів життєдіяльності.

Незважаючи на ефективність боротьби культурних рослин за чинники живлення, на другий рік вегетації, залежно від схеми досліду першого року, продуктивні показники були різними. Дані врожайності сухої маси, виходу твердого біопалива та енергії верби енергетичної другого року вегетації за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях першого року наведено в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21

**Урожайність сухої маси, вихід твердого біопалива та енергії
за різної тривалості присутності бур'янів у насадженнях верби
енергетичної другого року вегетації, середнє за 2013–2017 рр.**

Тривалість спільної вегетації, діб	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Без бур'янів	6,50	7,15	132,3
30	6,07	6,68	123,6
60	5,29	5,82	107,7
90	4,83	5,31	98,3
120	4,18	4,60	85,1
150	3,23	3,55	65,7
НІР _{0,05}	1,30	1,35	11,2

Установлено, що на контрольному варіанті без бур'янів, де рослини верби енергетичної мали змогу активно розвиватися в перший рік вегетації, показники врожайності сухої маси, виходу палива та, відповідно, енергії з одиниці площі були максимальними по досліді.

Водночас рослини забур'яненого впродовж усієї вегетації варіанту (150 діб) не змогли ефективно відрости в перший рік і на другий рік їхні параметри продуктивності були майже вдвічі меншими порівняно із чистого контролем.

Загалом же варто зазначити, що через повільне розростання та низькі лінійні прирости рослини верби енергетичної значно гостріше реагують на високий рівень забур'янення в перший рік вегетації, аніж міскантус гігантський. На другий рік життя значна різниця в урожайності спостерігається за умови спільної вегетації з бур'янами не більше 60 діб у перший рік.

2.6. Особливості процесів забур'янення насаджень верби енергетичної третього року вегетації

Третій рік вегетації насаджень верби енергетичної цікавий нам із погляду їхньої виробничої експлуатації та здатності рослин успішно протидіяти процесам забур'янення. Адже саме починаючи з третього року рекомендується збирати біомасу верби, тому рослини на наступний рік вегетації тією чи іншою мірою перебуватимуть під конкурентним впливом рослин бур'янів, запаси насіння яких є в ґрунті.

Динаміку зміни чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної третього року вегетації наведено в таблиці 2.22.

Установлено, що на перший строк обліку загальна чисельність сходів бур'янів досягала 28,7 шт./м², що у 2,4 раза менше, ніж в аналогічний обліковий період у насадженнях верби енергетичної другого року вегетації. Максимальні значення чисельності зафіксовано в таких видів: гірчак шорсткий – 3,7 шт./м², лобода біла – 3,6, мишій сизий – 3,2, паслін чорний – 2,5 шт./м².

**Динаміка чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної
третього року вегетації, середнє за 2014–2017 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Просо півняче	2,3	2,5	1,8	1,2	0,4
Мишій сизий	3,2	3,3	2,2	0,9	0,5
Лобода біла	3,6	3,7	3,4	2,8	2,3
Лобода гібридна	1,6	1,8	1,5	1,2	1,0
Гірчиця польова	2,1	2,4	2,0	1,7	1,3
Талабан польовий	1,7	2,8	1,9	1,5	1,1
Гірчак шорсткий	3,7	4,2	3,3	2,8	2,5
Гірчак березкоподібний	2,0	2,1	1,8	1,7	1,4
Паслін чорний	2,5	2,6	2,2	2,0	1,6
Блекота чорна	1,4	1,8	1,4	1,0	0,8
Пирій повзучий	1,3	1,4	1,3	1,1	1,0
Осот рожевий	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4
Інші види	2,9	3,3	2,5	2,2	1,7
Бур'яни, усього	28,7	32,5	25,8	20,6	16,0
НІР _{0,05}	0,11	0,13	0,11	0,10	0,09

Через обмежену швидкість лінійного росту рослини верби енергетичної третього року вегетації не змогли повністю контролювати доступ сонячної енергії до поверхні ґрунту на ранніх етапах вегетації. А тому, станом на 10.06 загальна кількість бур'янів дещо збільшувалася і становила 32,5 шт./м².

Присутність бур'янів у насадженнях верби енергетичної добре видно і на фото загального вигляду плантації. Це підтверджує той факт, що багаторічні рослини не можуть навесні повною мірою обмежувати ріст і розвиток бур'янів у своїх насадженнях (рис. 4.7).



Рис. 2.5. Загальний вигляд насаджень верби третього року вегетації

Станом на наступний обліковий період (10.07) рослини верби енергетичної третього року вегетації утворили площу листкової поверхні, достатню для значного затінення вегетуючих у насадженнях бур'янів. А тому загальна чисельність останніх зменшилася до 25,8 шт./м², а в наступні облікові періоди – до 20,6 та 16,0 шт./м² відповідно.

Варто зауважити, що в насадженнях верби енергетичної ми не спостерігали повного зникнення деяких видів бур'янів, адже інтенсивність затінення була недостатньою для повного припинення фотосинтезу та, відповідно, загибелі рослин. Адже прогалина в утворенні значної вегетативної

маси навесні дала змогу рослинам бур'янів підготуватися до несприятливих умов росту, сформувавши досить потужний фотосинтетичний апарат.

Отримані закономірності щодо кількості бур'янів на одиницю площі підтверджуються й даними накопичення сухої речовини. Так, динаміку накопичення сухої маси бур'янів на плантаціях верби енергетичної третього року вегетації наведено в таблиці 2.23.

За результатами проведених досліджень встановлено, що на початку вегетації загальна маса бур'янів була 0,9 г/м², а частина видів перебувала на стадії сходів, тому їхню масу взагалі було складно визначити.

Таблиця 2.23

Динаміка накопичення сухої маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної третього року вегетації, середнє за 2014–2017 рр., г/м²

Вид рослин	Строк проведення обліку				
	10.05	10.06	10.07	10.08	10.09
Верба енергетична	540,0	657,0	711,0	783,0	900,0
Просо півняче	0,0	1,2	1,1	0,8	0,3
Мишій сизий	0,0	1,3	1,1	0,5	0,3
Лобода біла	0,0	3,8	4,6	4,1	3,9
Лобода гібридна	0,0	2,5	2,7	2,3	2,2
Гірчиця польова	0,6	3,7	4,1	3,7	3,3
Талабан польовий	0,3	1,2	1,0	0,9	0,7
Гірчак шорсткий	0,0	2,9	3,0	2,8	2,8
Гірчак березкоподібний	0,0	1,0	1,1	1,2	1,1
Паслін чорний	0,0	1,2	1,3	1,3	1,2
Блекота чорна	0,0	0,8	0,8	0,7	0,6
Пирій повзучий	0,0	0,8	0,8	0,7	0,8
Осот рожевий	0,1	0,8	0,7	0,8	0,8
Інші види	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5
Бур'янів усього	0,9	21,6	23,0	20,7	18,5
НІР _{0,05}	—	0,3	0,4	0,3	0,2

Оскільки рослини верби енергетичної впродовж років досліджень, на відміну від міскантусу гігантського, щорічно не збирали, то відростати вони почали вже з рівня сформованої минулого року біомаси. А отже, порівнювати ефективність їх формування сухої речовини з бур'янами не зовсім коректно.

Загалом же варто зауважити, що рослини бур'янів не являли значної загрози в насадженнях верби енергетичної третього року вегетації. Так, на 10.06 вони формували 21,6 г/м² сухої маси, станом на 10.07 – 23,0 г/м², а от у наступні періоди обліків цей показник почав знижуватися. Зменшення сухої маси ми пов'язуємо передусім зі створенням умов, несприятливих для фотосинтетичної активності рослин бур'янів.

Конкурентна боротьба між бур'янами та культурними рослинами знайшла відображення в продуктивності останніх. Так, дані врожайності сухої маси, виходу твердого біопалива та енергії верби енергетичної третього року вегетації наведено в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24

**Урожайність сухої маси, вихід твердого біопалива та енергії
верби енергетичної третього року вегетації за різної тривалості
присутності бур'янів у насадженнях, середнє за 2014–2017 рр.**

Тривалість спільної вегетації, діб	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Без бур'янів	10,80	11,88	219,8
30	9,20	10,12	187,3
60	8,70	9,57	177,1
90	7,90	8,69	160,7
120	7,20	7,92	146,5
150	6,30	6,93	128,2
НІР _{0,05}	2,10	2,30	23,1

За аналогією з даними другого року вегетації можна стверджувати, що рослини, які вегетували в перший рік без присутності бур'янів, формують максимальні показники врожайності і на третій рік вегетації. А от на забур'яненому контролі вихід твердого біопалива становив лише 6,93 т/га, енергії – 128,2 ГДж/га.

А отже, значне забур'янення впродовж першого року вегетації не дає змоги рослинам навіть на третій рік вегетації сформувати співвідносні із чистими варіантами дослідів прирости біомаси. Навіть незважаючи на візуальну подібність рослин на різних варіантах дослідів, вони по-різному формують біомасу.

РОЗДІЛ 3

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ МЕХАНІЧНОГО ЗАХИСТУ БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ВІД БУР'ЯНІВ

3.1. Ефективність застосування систем механічного захисту насаджень міскантусу гігантського від бур'янів

Дикі види – бур'яни переважно є експлерентами, тобто рослинами з агресивною стратегією онтогенезу. Такі рослини в природних фітоценозах виконують роль рослин-піонерів, що першими швидко й енергійно освоюють і заселяють вільні екологічні ніші в рослинному покриві.

Розміщення насаджень міскантусу гігантського як біоенергетичної культури на маргінальних землях не завжди дає змогу використовувати для успішного захисту від бур'янів можливості гербіцидів. Такі насадження можуть бути розміщені на селітебних територіях, близько до водойм і т.д., де застосування гербіцидів обмежене або повністю заборонене.

Зазвичай, для створення нових плантацій міскантусу гігантського використовують кореневища (ризом), а цей спосіб має як свої переваги, так і недоліки. Перевагами є те, що кореневища несуть на собі бруньки, містять запаси пластичних речовин та енергії, яких достатньо для забезпечення процесів росту й розвитку майбутніх нових рослин культури на новому місці. Такий спосіб розмноження менше залежить від наявності вологи у верхньому шарі ґрунту, впливу рослин-сусідів на новому місці вегетації. Недоліком є те, що цілеспрямоване розмноження рослин міскантусу гігантського за допомогою кореневищ потребує істотно більше затрат часу, коштів і праці порівняно із сівбою насінням. Крім того, рослини міскантусу, що відростають із кореневищ, повинні відновити втрачену кореневу систему та інші життєво важливі частини, що викликає значну затримку розвитку наземної частини в першій половині вегетаційного періоду. А отже вільною екологічною нішею активно користуються рослини бур'янів.

Щоб зменшити негативний антропогенний тиск на довкілля за вирощування біоенергетичних культур, зокрема й міскантусу гігантського, у 2012–2016 рр. проведено дослідження з вивчення особливостей застосування механічних прийомів захисту насаджень міскантусу першого року вегетації від бур'янів.

Для дотримання методичних вимог до рівномірності розміщення сходів бур'янів у насадженнях міскантусу, після початку проведення польових робіт на площах, де було заплановано висаджування кореневищ, проводили передпосівну культивуацію. Під дією цього агрозаходу сходи зимуючих і ранніх ярих бур'янів, що традиційно присутні на площі, успішно були знищені лапами культиваторів.

Наявність великих запасів насіння бур'янів в орному шарі ґрунту, на полях запланованих під закладання плантацій міскантусу, у роки проведення досліджень формує загрозу масової появи їхніх сходів у насадженнях культури. Попередні аналізи запасів насіння бур'янів у шарі ґрунту до 10 см (саме з нього проростає понад 80 % усіх сходів) у роки проведення досліджень засвідчили наявність на площі метр квадратний від 20,8 (2016 р.) до 32,3 тис. шт. (2013 р.) насіння. Із них здатного до проростання – від 1920 до 2763 шт./м².

Процеси забур'янення насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації в роки проведення досліджень відбувалися досить інтенсивно, про що можна судити з результатів обліків кількості сходів бур'янів на ділянках контрольного забур'яненого варіанту (варіант 1). Так, від першої декади травня до кінця другої декади червня кількість сходів бур'янів зростала в середньому з 53,2 до 103,1 шт./м², або в 1,92 раза. У структурі бур'янів найбільшу питому частку мали такі види бур'янів, як: мишій сизий (*Setaria glauca* (L.) Pal.Beauv.) – 18,9 шт./м², або 18,3 %, щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) – 7,4, або 7,2, гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria* L.) – 7,3, або 7,1, просо півняче (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal.Beauv.) – 6,6, або 6,4, гірчак березковидний (*Polygonum convolvulus* L.) – 6,2, або 6,0 %, лобода біла (*Chenopodium album* L.) – 6,1, або 5,9, гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.) – 5,9, або 5,7, паслін чорний (*Solanum nigrum* L.) – 5,6 шт./м², або 5,4 % та інші види (табл. 3.1, рис. 3.1).

**Ефективність застосування систем механічного захисту насаджень
міскантусу гігантського від бур'янів, середнє за 2012–2016 рр.**

Вид бур'яну	Варіант досліджу											
	1			2			3			4		
	до оброблення, шт./м ²	після оброблення, шт./м ²	загинуло, %	до оброблення, шт./м ²	після оброблення, шт./м ²	загинуло, %	до оброблення, шт./м ²	після оброблення, шт./м ²	загинуло, %	до оброблення, шт./м ²	після оброблення, шт./м ²	загинуло, %
Лобода біла	5,2	6,1	–	4,6	0,8	83	6,1	0,8	87	5,3	0,3	94
Щириця звичайна	3,8	7,4	–	4,1	0,6	85	2,9	0,3	90	6,1	0,3	95
Просо півняче	5,3	6,6	–	6,3	1,8	71	5,0	0,9	82	4,6	0,5	89
Мишій сизий	4,2	18,9	–	3,1	0,7	77	4,2	0,8	81	3,9	0,6	85
Гірчак березковидний	3,1	6,2	–	4,6	0,9	80	3,0	0,5	83	2,7	0,4	85
Гірчак почечуйний	4,5	7,3	–	5,0	0,9	82	4,2	0,6	86	4,8	0,5	90
Талабан польовий	3,8	4,1	–	2,2	0,3	86	3,5	0,5	86	4,3	0,4	91
Фіалка польова	1,1	3,8	–	1,3	0,2	85	0,8	0,1	88	1,4	0,1	93
Рутка лікарська	3,2	4,7	–	3,5	0,7	80	3,3	0,6	82	2,6	0,4	85
Підмаренник чіпкий	2,1	3,1	–	1,9	0,2	89	2,8	0,4	86	2,0	0,2	90
Гірчиця польова	3,4	5,9	–	4,3	0,8	81	2,7	0,5	81	4,0	0,6	85
Паслін чорний	1,3	5,6	–	2,4	0,5	79	1,8	0,1	94	0,9	0,1	89
Спориш звичайний	1,2	5,1	–	1,1	0,2	82	2,1	0,4	81	1,6	0,2	88
Куколиця біла	1,1	2,2	–	0,7	0,2	71	1,3	0,3	77	1,4	0,3	79
Осот жовтий	1,5	3,6	–	1,1	0,5	55	2,0	1,0	50	0,8	0,4	50
Осот рожевий	2,2	4,4	–	0,9	0,4	56	1,6	0,9	44	1,2	0,6	50
Інші види	6,6	8,1	–	4,2	0,8	81	5,3	1,1	79	5,6	0,9	84
Усього	53,6	103,1	–	51,3	10,5	80	52,6	9,8	81	53,2	6,8	87
НІР _{0,05}	0,1	0,2	–	0,1	0,2	–	0,1	0,2	–	0,1	0,2	–

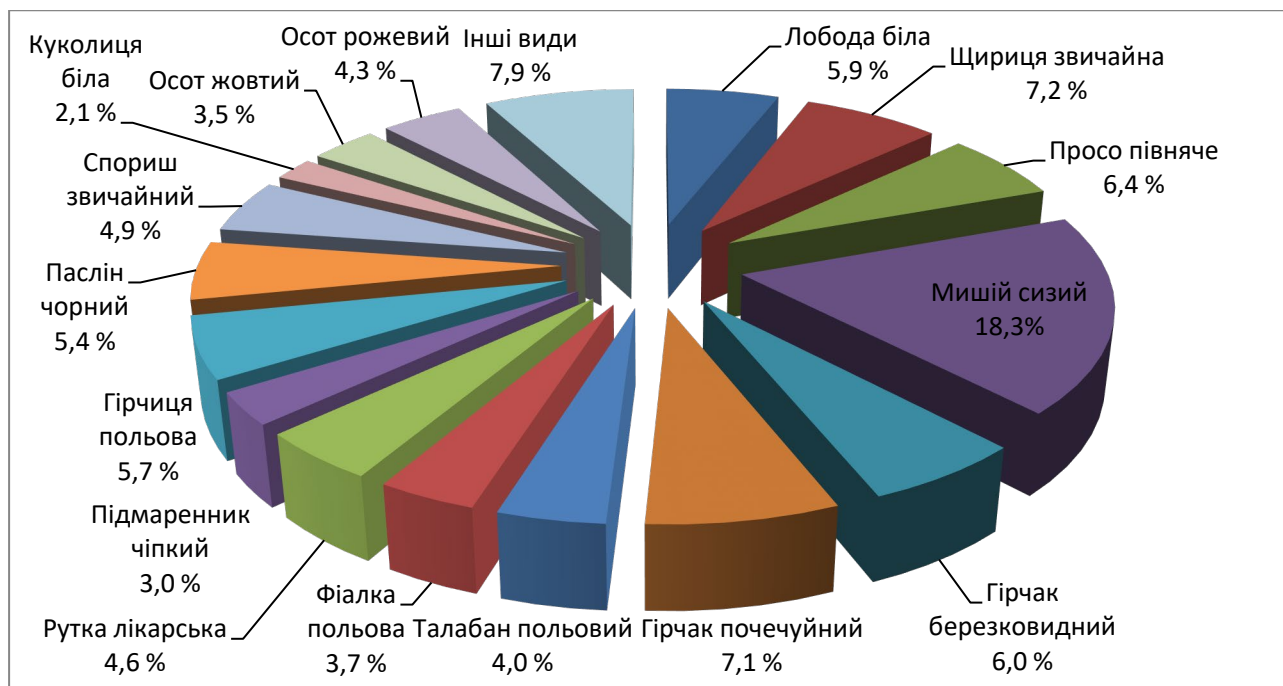


Рис. 3.1. Структура забур'янення насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.

Для захисту насаджень міскантусу гігантського (кореневища висаджені рядками з міжряддями завширшки 70 см) від бур'янів згідно зі схемою дослідження передбачалося проведення системи послідовних обробітків міжрядь ґрунтообробними знаряддями: лапами культиватора (варіант 2), сітчастими боровами (варіант 3), проведення зрізування сходів бур'янів біля поверхні ґрунту вручну (варіант 4). Обробітки міжрядь проводили послідовно тричі з інтервалами 15 діб. Перший обробіток виконували на початку другої декади травня, коли сходи більшості видів бур'янів формували від сім'ядоль до 4-х листків і мали висоту від 1 до 5 см. Потреба у проведенні системи послідовних обробітків була визначена специфікою динаміки появи масових сходів бур'янів у першій половині вегетаційного періоду. Величину захисних зон рядка встановлювали з урахуванням специфіки біології рослин культури – по 12 см із кожного боку осі рядка. Загальна ширина захисної зони рядків становила 24 см.

Прохід культиваторних лап (навісний культиватор КРН-4,2) у міжряддях (глибина роботи лапи – 6–8 см) забезпечував інтенсивне переміщення часток ґрунту та його перемішування (варіант 2). Механічна дія стрілочастих лап

забезпечувала часткове зрізування та викидання молодих рослин бур'янів у міжряддях (рис. 3.3). Обліки рівня ефективності захисної дії унаслідок проведення міжрядних культивацій насаджень міскантусу, що здійснювали перед початком міжрядних обробітків і після виконання останнього проходу, виявили високу результативність такого агротехнічного прийому. Зниження кількості бур'янів з урахуванням появи їхніх нових сходів протягом періоду культивацій становило в середньому за роки проведення досліджень 80 %. Серед видів бур'янів, що були присутні в насадженнях культури, найбільший рівень зниження чисельності був зафіксований у рослин: фіалки польової – 85 %, підмаренника чіпкого – 89, талабану польового – 86, щиріці звичайної – 85, лободи білої – 83, гірчака почечуйного – 82, споришу звичайного – 82, гірчиці польової – 81 %.



Рис. 3.2. Загальний вигляд насаджень міскантусу першого року вегетації, де заходів механічного захисту від бур'яни не проводили



Рис. 3.3. Загальний вигляд насаджень міскантусу першого року вегетації після культивації міжрядь

Застосування системи міжрядних культивацій у насадженнях міскантусу гігантського, крім значних переваг у питаннях захисту насаджень від бур'янів, виявило й певні негативні моменти. Прохід лап культиватора, особливо під час виконання останніх обробіток ґрунту, призводить до часткового пошкодження нових придаткових коренів рослин культури. Такі пошкодження, зазвичай, не були критичними для виживання молодих рослин культури, проте індукували в них небажані дис-стреси певної глибини, що виявлялися в затримці процесів росту й розвитку наземних частин порівняно з посівами, де таких обробіток не проводили. Для повної реабілітації рослин від механічних пошкоджень потрібно було від 6–7 до 12–14 діб вегетації. Наступним негативним ефектом виконання міжрядних культивацій у насадженнях міскантусу гігантського, за умов нормального зволоження верхнього шару ґрунту, було сприяння появі нової хвилі сходів бур'янів унаслідок виносу на поверхню глибших шарів ґрунту з насінням. Якщо після виконання перших двох послідовних міжрядних культивацій нові сходи бур'янів потрапляли під наступні механічні обробітки

верхнього шару ґрунту і були знищені, то пізніші їх сходи (після третього міжрядного обробітку) залишались успішно вегетувати до кінця теплого періоду року.

У насадженнях першого року вегетації міскантусу гігантського (на ділянках варіанту 3) захист від бур'янів здійснювали за допомогою навісних сітчастих борін (гнучкі гряділі сітчастих борін є наборними і їх можна попередньо формувати з урахуванням ширини міжрядь насаджень). Як відомо, гнучкі, з набірних елементів гряділі сітчастих борін дають змогу якнайповніше копіювати мікрорельєф поверхні поля, а ґрунтообробні елементи дуже якісно розпушують, переміщують і прочісують частки ґрунту з мінімальним їхнім вертикальним перемішуванням. Сітчасті борони найефективніше діють на рослини бур'янів від фази їхніх проростків до формування 4-х листків. Рослини, що вийшли з ювенільного етапу онтогенезу в іматурний набувають істотної стійкості до дії ґрунтообробних елементів сітчастих борін.

Середній рівень ефективності дії після трьох послідовних боронувань міжрядь сітчастими боронами був стабільно високим. Зниження чисельності бур'янів за роки досліджень досягало в середньому 81 %, або виявляло тенденцію перевищення рівня роботи культиватора на 1 %. Найчутливішими до впливу ґрунтообробних елементів сітчастих борін у міжряддях виявилися сходи: щиріці звичайної – зниження їхньої чисельності було 90 %, гірчака березкоподібного – 83, фіалки польової – 88, лободи білої – 87, талабану польового – 86, гірчака почечуйного – 86, підмаренника чіпкого – 86 та пасльону чорного – 94 %.

Застосування системи механічного захисту насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації від бур'янів без переміщення часток поверхневого шару ґрунту (варіант 4) проводили шляхом ручного зрізування наземних частин сходів дикої рослинності вручну (на жаль, вітчизняна машинобудівна промисловість, так і не освоїла випуск відповідних машин). Зрізування сходів бур'янів здійснювали у ті ж самі строки, що й виконання інших механічних обробітків міжрядь. У результаті виконання трьох

послідовних зрізувань рослин бур'янів у фазах 2–4-х листків сумарне зниження їхньої чисельності в роки проведення досліджень досягало 87,0 %. Серед систем механічного захисту насаджень від бур'янів система послідовних зрізувань (можливо і зривань) без перемішування поверхневого шару ґрунту і стимулювання появи нових сходів виявилася найефективнішою.

Проведення системи послідовних обробітків міжрядь у насадженнях міскантусу гігантського забезпечувало надійний захист від бур'янів протягом тривалого періоду (від першої декади травня до другої декади червня). У наступні періоди вегетації в насадженнях залишалося достатньо неосвоєних рослинами культури вільних екологічних ніш, які займали нові сходи бур'янів. Інтенсивність з'явлення нових сходів бур'янів у міжряддях за роками проведення досліджень змінювалася й передусім залежала від наявності вологи у верхньому шарі ґрунту та інтенсивності його перемішування під час проведення систем міжрядних обробітків.

Недоліком усіх систем механічного захисту насаджень міскантусу гігантського від бур'янів є неможливість забезпечення контролювання небажаних сходів у зоні рядків. Вибрана для проведення досліджень ширина захисної зони у практичній роботі не може бути зменшена через небезпеку реального пошкодження молодих рослин культури. Сходи бур'янів у захисній зоні рядків практично залишаються неконтрольовані. На сходи бур'янів, насамперед однорічних ярих видів: лободи білої, щириці загнутої (звичайної), проса півнячого, мишію сизого, гірчака березкоподібного та інших, уже на ювенільному етапі їхнього онтогенезу починають проявляти вплив рослин-сусіди, передусім міскантусу гігантського. Навіть на початку першого року вегетації, після садіння кореневищ культури, такі рослини мають низку переваг перед рослинами однорічних видів бур'янів. Процеси росту й розвитку рослин міскантусу гігантського, як багаторічного виду, базуються на наявності на старті вегетації істотних запасів пластичних речовин, системи бруньок на багаторічних кореневищах, які здатні швидко рости й розвиватись у придаткові корені, наземні пагони і потужні листки. Такі рослини швидко і надійно

освоюють життєвий простір на полі й заповнюють наявні вільні екологічні ніші, передусім безпосередньо біля себе, тобто в захисній зоні рядків. Сходи попередньо названих однорічних типових бур'янів різних видів здатні до інтенсивного росту й розвитку, проте успішно конкурувати за чинники життя з багаторічними формами трав'яних рослин їм складно. На початку вегетації ювенільні рослини бур'янів ще не мають значних запасів пластичних речовин (запаси ендосперму насінини використані на формування первинних коренів і перших листків), тому ростові процеси на ювенільному та іматурному етапах онтогенезу у них поступаються за інтенсивністю рослинам-багаторічникам. Відповідно навіть молоді рослини культури, що розвиваються з висаджених кореневищ, є потужними конкурентами для однорічних видів бур'янів у захисних зонах рядків.

Умови вегетації рослин бур'янів найповніше проявлялись у такому інтегрованому показнику як здатність формувати масу. На ділянках насаджень міскантусу гігантського (варіант 1), де заходів захисту рослин культури не проводили і бур'яни могли вільно вегетувати, вони формували максимальні показники вегетативної маси. У середньому за роки проведення досліджень маса бур'янів становила 2616 г/м^2 . З них найбільшу частку в структурі маси бур'янів формували: лобода біла – 382 г/м^2 , або 14,6 %, паслін чорний – 316, або 12,1, щиряця звичайна – 273, або 10,4, осот рожевий – 261, або 10,0, просо півняче – 210 г/м^2 , або 8,0 % та інші види (табл. 3.2).

На ділянках варіанту 2, де здійснювали системи послідовних міжрядних культивуацій, навіть з урахуванням бур'янів у захисних зонах рядків, їхня маса за роки проведення досліджень становила в середньому 651 г/м^2 , або була меншою за величину маси на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) учетверо. Найбільша частка у формування маси бур'янів у міжряддях і захисних зонах рядків належала рослинам: мишію сизого – 96 г/м^2 , або 14,7 %, пасльону чорного – 95, або 14,6, лободи білої – 76, або 11,7, щиряці звичайної – 56, або 8,6, проса півнячого – 52 г/м^2 , або 8,0 %. Інші види бур'янів формували менші частки загальної маси наземних частин диких рослин у насадженнях.

**Накопичення вегетативної маси бур'янів залежно від систем
механічного захисту насаджень міскантусу гігантського,
середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид бур'яну	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
Лобода біла	382	76	47	46	—
Щириця звичайна	273	56	39	52	—
Просо півняче	210	52	38	38	—
Мишій сизий	164	96	42	41	—
Гірчак березковидний	136	37	35	15	—
Гірчак почечуйний	111	38	28	9	—
Талабан польовий	35	14	21	3	—
Фіалка польова	36	10	8	2	—
Рутка лікарська	42	9	5	4	—
Підмаренник чіпкий	78	11	6	2	—
Гірчиця польова	141	35	30	11	—
Паслін чорний	316	95	94	125	—
Спориш звичайний	64	10	9	12	—
Куколиця біла	74	13	11	7	—
Осот жовтий	113	34	76	21	—
Осот рожевий	261	42	83	18	—
Інші види	180	23	12	16	—
Бур'яни, усього	2616	651	584	422	—
НІР _{0,05}	1,1				—

Застосування для захисту насаджень міскантусу гігантського системи послідовних міжрядних боронувань навісними сітчастими боронами виявляло свій вплив як на присутність рослин бур'янів, так і на їхню здатність формувати свою масу протягом вегетаційного періоду. Величина накопичення маси

бур'янів на ділянках насаджень варіанту 3 становила в середньому 584 г/м², тобто була близькою до показників на попередньому варіанті дослідів.

Серед видів бур'янів найбільшу частку маси становили: паслін чорний – 94 г/м², або 16,1 %, осот рожевий – 83, або 14,2, осот жовтий – 76, або 13,0, лобода біла – 47, або 8,0, щириця звичайна – 39 г/м², або 6,7 %. Вагома частка рослин пасльону чорного може бути пояснена не скільки стійкістю його сходів до дії боронування, скільки особливостями біології і здатністю розпочинати вегетацію навіть у другій половині вегетаційного періоду, коли боронувань вже не проводили. Серед названих видів бур'янів потрібно відзначити частку рослин осотів (рожевого і жовтого), що вказує на низьку ефективність дії сітчастих борін на розетки цих видів.

На ділянках насаджень міскантусу гігантського, де проводили системи послідовних зрізувань сходів бур'янів (варіант 4), величина накопичення маси бур'янів становила 422 г/м², або була найменшою в досліді. Серед видів бур'янів найбільша частка маси належала рослинам: пасльону чорного – 125 г/м², або 29,6 %, щириці звичайної – 52, або 12,3, лободи білої – 46, або 10,9, мишію сизого – 41, або 9,7, проса півнячого – 38 г/м², або 9,0 %.

Здебільшого перевага в масі була за рослинами, що розпочали свою вегетацію після завершення періоду послідовних механічних зрізувань наземних частин. Більшість бур'янів, що втратили унаслідок послідовних зрізувань свої наземні частини відмиralи. Невелика їхня частина після тривалих дис-стресів виживала, проте залишалася за формою габітусу відновлених наземних частин неотенічними (карликовими). Поява нових сходів бур'янів на ділянках насаджень, де проводили системи послідовних зрізувань і не перемішували верхній шар ґрунту, була найменшою порівняно з іншими варіантами. Саме така особливість процесів забур'янення є одною з причин формування найменшої величини накопичення маси бур'янів на насадженнях міскантусу гігантського варіанту 4.

Ситуацію з рівнем забур'яненості насаджень найоб'єктивніше характеризують показники накопичення сухої маси бур'янів. Різні види диких

рослин, навіть в одні й ті ж етапи онтогенезу, можуть мати різний уміст сухої речовини в одиниці сирої маси. Більшість рослин на ювенільному та іматурному етапах онтогенезу мають уміст сухої речовини в одиниці сирої маси приблизно 20 %. З наростанням етапів онтогенезу вміст сухої речовини в наземних частинах рослин поступово збільшується і на сенільному етапі досягає більше 40 %.

На час проведення обліків величини накопичення маси бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського вміст сухої маси на ділянках, де заходів захисту не проводили (варіант 1), досягав у середньому за роки досліджень 1032,5 г/м². У структурі сухої маси бур'янів найбільшу частку формували рослини: лободи білої – 145,2 г/м², або 14,1 %, осоту рожевого – 112,5, або 10,9, щириці звичайної – 108,7, або 10,5, пасльону чорного – 91,0, або 8,8, проса півнячого – 86,5, або 8,4, мишію сизого – 69,5, або 6,7 % та інших видів (табл. 3.3).

Величина формування сухої маси бур'янів на ділянках насаджень міскантусу гігантського з проведенням системи послідовних міжрядних культивацій (варіант 2) досягала 256,1 г/м².

Проведення системи захисних заходів забезпечувало зменшення обсягів формування сухої маси бур'янів учетверо порівняно з величиною накопичення маси на насадженнях без контролювання бур'янів. Регулярне знищення сходів бур'янів у міжряддях і можливість їхнього вегетування в захисних зонах рядків, а після закінчення здійснення культивацій і в міжряддях, обмежувало формування сухої маси, однак забезпечувало достатньо високий відсоток виживання деяких видів бур'янів.

Найбільшу частку сухої маси формували рослини: мишію сизого – 40,8 г/м², або 15,9 %, лободи білої – 29,0, або 11,3, пасльону чорного – 27,5, або 10,7, щириці звичайної – 22,3, або 8,7, проса півнячого – 21,5 г/м², або 8,4 %.

На ділянках насаджень міскантусу гігантського після проведення системи послідовних боронувань сітчастими навісними боронами (варіант 3) рослини бур'янів формували суху масу в обсязі 230,3 г/м². Проведення заходів щодо

обмеження чисельності бур'янів знижувало можливості формувати суху масу в 4,5 раза порівняно із забур'яненням контролем (варіант 1).

Таблиця 3.3

**Накопичення сухої маси бур'янів залежно від систем
механічного захисту насаджень міскантусу гігантського,
середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид бур'яну	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
Лобода біла	145,2	29,0	17,9	17,5	—
Щириця звичайна	108,7	22,3	15,6	20,7	—
Просо півняче	86,5	21,5	15,7	15,7	—
Мишій сизий	69,5	40,8	17,9	17,4	—
Гірчак березковидний	53,2	14,5	13,8	5,9	—
Гірчак почечуйний	44,4	15,2	11,3	3,6	—
Талабан польовий	14,8	6,0	8,9	1,3	—
Фіалка польова	14,9	4,1	3,3	0,8	—
Рутка лікарська	17,1	3,7	2,0	1,6	—
Підмаренник чіпкий	31,4	4,4	2,4	0,8	—
Гірчиця польова	61,3	15,3	13,1	4,8	—
Паслін чорний	91,0	27,5	27,3	36,0	—
Спориш звичайний	25,1	3,9	3,5	4,7	—
Куколиця біла	32,6	5,7	4,9	3,1	—
Осот жовтий	46,7	14,1	31,5	8,7	—
Осот рожевий	112,5	18,1	35,9	7,8	—
Інші види	77,8	10,0	5,2	6,9	—
Бур'яни, усього	1032,5	256,1	230,3	157,1	—
НІР _{0,05}	0,4				—

Застосування системи послідовних зрізувань сходів бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського обмежувало їхню здатність формувати

суху масу. На час проведення обліків суха маса бур'янів становила в середньому $157,1 \text{ г/м}^2$. Захисні заходи обмежували здатність бур'янів формувати суху масу в 6,6 раза. Найбільша частка у формуванні сухої маси серед присутніх видів бур'янів належала рослинам: пасльону чорного – $36,0 \text{ г/м}^2$, або 22,9 %, щиріці звичайної – 20,7, або 13,2, лободи білої – 17,5, або 11,1, мишію сизого – 17,4, або 11,1, проса півнячого – $15,7 \text{ г/м}^2$, або 10,0 %.

Лобода біла утворює сходи вже починаючи з березня за температури 3–4 °С, а в процесі онтогенезу формує потужне галужене стебло заввишки від 30 до 130 см. Тобто лобода біла є одним із домінантів верхнього ярусу агрофітоценозу.

На відміну від лободи підмаренник чіпкий заповнює нижні яруси агрофітоценозу, оскільки переважно формує сланке стебло завдовжки 50–200 см, а листки зібрані по 6–8 шт. у кільця. Незважаючи на абсолютно різні стратегії заповнення вільних ніш агрофітоценозів у цих двох бур'янів, сходи підмаренника чіпкого, так як і сходи лободи білої, теж з'являються в березні–травні за мінімальної температури 1–2 °С.

Щиріця звичайна, на відміну від ярих ранніх бур'янів, демонструє протилежну стратегію виживання. Так, цей вид належить до пізніх ярих бур'янів, а отже, затримка з проростанням насіння призводить до того, що рослини формують в 1,4 раза менший фотосинтетично активний потенціал порівняно з лободою білою. Однак, рослини утворюють стебло пряме, розгалужене, опушене, заввишки 20–150 см, яке дає змогу їм домінувати в агрофітоценозі у випадку наявності вільних екологічних ніш.

Мишій сизий також належить до групи пізніх ярих бур'янів, а за типом формування габітусу рослини утворюють пряме стебло заввишки 10–60 см. Сходи з'являються у квітні–травні, друга хвиля проростання припадає на червень–липень. Перші сходи здатні з'являтися за мінімальної температури 6–8 °С, а от оптимумом для проростання культури вважається 20–24 °С. За наявності вільних екологічних ніш листки мишію сизого заповнюють нижні та середні яруси агрофітоценозу.

Паслін чорний також розвивається по типу пізніх ярих культур, тобто мінімально потрібною для проростання насіння вважається температура 10–12 °С, а от 24–26 °С є оптимумом для цього виду.

Однак, за умови висаджування міскантусу гігантського агрофітоценоз розвивається по типу ранніх ярих культур, тому переважну більшість мають деякі види ранніх ярих бур'янів.

Найінформативнішим показником, що дає змогу узагальнити дані ефективності застосування різних систем механічного захисту насаджень міскантусу гігантського від бур'янів є врожайність сухої маси, дані якої наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Урожайність сухої маси міскантусу гігантського, вихід біопалива та енергії залежно від застосування систем механічного захисту насаджень від бур'янів, 2012–2016 рр., т/га

Рік досліджень	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
Урожайність, т/га	0,83	1,70	1,72	1,74	1,82
Вихід твердого біопалива, т/га	0,91	1,87	1,89	1,91	2,01
Вихід енергії, ГДж/га	15,5	31,7	32,0	32,4	34,0

На варіанті забур'яненого контролю, у середньому по досліді, рослини міскантусу гігантського формували мінімальне значення врожайності сухої біомаси – 0,83 т/га, водночас максимальний рівень урожайності був на чистому контролі – 1,82 т/га.

За умови проведення системи послідовних міжрядних культивацій (варіант 2) отримали середню врожайність сухої біомаси міскантусу першого року вирощування на рівні 1,70 т/га.

Застосування для захисту насаджень міскантусу гігантського системи послідовних міжрядних боронувань навісними сітчастими боронами незначно вплинуло на формування показника і середня врожайність 1,72 т/га була в межах допустимих відхилень найменшої істотної різниці в досліді.

На ділянках насаджень міскантусу гігантського, де проводили системи послідовних зрізувань сходів бур'янів (варіант 4), рослини міскантусу сформували 1,74 т/га сухої біомаси, що менше контрольного варіанту, однак доволі близько до значень варіанту 3.

Максимальний вихід твердого біопалива був на контрольному варіанті, де знищували всі бур'яни впродовж вегетаційного періоду міскантусу – 2,01 т/га, а забур'янений контроль забезпечував мінімальні показники. Варіанти різного застосування систем механічного захисту насаджень міскантусу гігантського незначною мірою різнилися між собою і давали змогу сформувати досить високі значення виходу твердого біопалива – 1,87–1,91 т/га.

За аналогією з виходом твердого біопалива, варіанти з максимальними його показниками забезпечили й максимальні значення виходу енергії. Так, контрольний варіант дав змогу забезпечити 34,0 ГДж/га, а варіанти механізованого захисту насаджень від бур'янів гарантували накопичення енергії в твердому паливі на рівні 31,7–32,4 ГДж/га.

3.2. Ефективність застосування механічних прийомів контролювання бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації

Практично майже всі види роду Верба (*Salix*) представлені деревними або кущовими формами, тому їх розмножують переважно не насінням, а живцями. У технології вирощування виробничих насаджень біоенергетичних культур традиційно практикують розмноження видів верби енергетичної за допомогою здерев'янілих живців як найефективнішого способу.

Рослини верби енергетичної в перший рік вегетації після посадки живців є малоконкурентоздатними щодо бур'янів, які поширюються у вільних

екологічних нішах молодих насаджень. Тому розроблення систем захисту насаджень верби енергетичної від бур'янів, особливо першого року вегетації, є актуальним питанням і потребує свого конструктивного вирішення.

Складність упровадження ефективних елементів технології захисту верби енергетичної від бур'янів полягає у високій чутливості молодих рослин до дії більшості протидводольних гербіцидів і санітарно-екологічних обмеженнях, які пов'язані з перспективним розміщенням молодих насаджень біля водойм, у водоохоронних та селітебних зонах, де застосування пестицидів є забороненим.

А тому метою проведених у 2012–2016 рр. досліджень було оцінювання ефективності застосування для захисту насаджень верби енергетичної від бур'янів різних механічних прийомів, які не забруднюють довкілля і є доступними для використання.

Здерев'янілі живці верби висаджували після початку польових робіт у першій-другій декаді квітня. Перед садінням живців на площі проводили суцільну культивуацію.

Культивація ґрунту перед висаджуванням живців культури призводила до загибелі наявних на площі сходів і розеток зимуючих і ранніх ярих видів бур'янів, зокрема ромашки непахучої (*Matricaria inodora* L.), підмаренника чіпкого (*Gallium aparine* L.), кучерявця Софії (*Descurainia Sophia* (L.) Schur.), сухоребрика високого (*Sisymbrium altissimum* L.), талабану польового (*Thlaspi arvense* L.), гірчиці польової (*Sinapis arvensis* L.) та інших.

Поява сходів бур'янів у насадженнях верби енергетичної відбувалася практично одночасно з початком розпускання бруньок на живцях культури. На час проведення першого обліку (кінець першої декади травня), перед початком проведення механічних заходів захисту, середня чисельність сходів бур'янів за роки проведення досліджень була 129,2 шт./м² (табл. 5.14, рис. 5.2).

Серед сходів бур'янів найбільшу частку в структурі становили: просо півняче (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal.Beauv.) – 22,3 шт./м², або 17,3 %, мишій сизий (*Setaria glauca* (L.) Pal.Beauv.) – 17,8, або 13,8, лобода біла (*Chenopodium*

album L.) – 14,2, або 10,9, пирій повзучий (*Elytriga repens* (L.) Pal. Beauv.) – 11,3, або 8,7, гірчак шорсткий (*Polygonum scabrum* Moench.) – 10,2 шт./м², або 7,9 %.

Забур'янення насаджень верби енергетичної відбувалося досить інтенсивно і до часу проведення наступного обліку чисельності бур'янів (друга декада червня) на ділянках насаджень, де заходів захисту не проводили, (варіант 1) їхня кількість зростала на 127,2 % і досягала в середньому 164,3 шт./м².

Згідно зі схемами проведення досліджень на ділянках насаджень верби енергетичної (варіант 2) було передбачено проведення трьох послідовних міжрядних обробітків культиватором КРН-4,2. Тривалість періоду часу між культиваціями – 15 діб. Ширина захисної зони – по 7,5 см із кожного боку рядка культури.

Сумарна ефективність міжрядних культивацій з урахуванням часткової появи нових сходів бур'янів за роки проведення досліджень становила 84,4 %. Найвища чутливість до дії ґрунтообробних лап у міжряддях насаджень верби енергетичної була у сходів різних видів бур'янів. Сходи лободи білої відмирили на 88,1 %, гірчака шорсткого – на 87,5, гірчиці польової – на 86,7, лободи гібридної – на 86,4, гірчака березкоподібного – на 84,9 % (табл. 3.5).

Найменше знижували свою присутність у насадженнях культури сходи багаторічних бур'янів – осоту рожевого та пирію повзучого – на 83,9 і 82,7 % відповідно. Регулярний прохід у верхньому шарі ґрунту стрілочастих лап у процесі проведення культивації не лише частково зрізував, частково виривав або пригортав сходи бур'янів, одночасно відбувалось істотне перемішування ґрунту і винесення з його нижніх ярусів на глибині руху лапи нових запасів насіння бур'янів. Перенесення їх ближче до ґрунтової поверхні стимулювало часткове проростання нових рослин. Такі нові сходи були частково знищені наступними культиваціями. Проте сходи бур'янів після закінчення проведення міжрядних культивацій успішно вегетували і формували свою масу до кінця вегетаційного періоду.

**Ефективність застосування систем механічного захисту верби енергетичної
від бур'янів, середнє за 2012–2016 рр.**

Вид бур'яну	Варіант дослідів											
	1			2			3			4		
	до обробітку, шт./м ²	після обробітку, шт./м ²	загинуло, %	до обробітку, шт./м ²	після обробітку, шт./м ²	загинуло, %	до обробітку, шт./м ²	після обробітку, шт./м ²	загинуло, %	до обробітку, шт./м ²	після обробітку, шт./м ²	загинуло, %
Просо півняче	22,3	31,4	–	20,6	3,5	83,0	16,9	2,1	87,6	24,2	2,6	89,3
Мишій сизий	17,8	24,6	–	19,5	2,8	85,6	16,1	2,0	87,6	20,3	2,2	89,2
Лобода біла	14,2	17,5	–	13,5	1,6	88,1	17,4	2,3	86,8	15,2	1,7	88,8
Лобода гібридна	8,1	10,7	–	10,3	1,4	86,4	7,2	1,0	86,1	7,6	0,8	89,5
Гірчиця польова	7,6	8,0	–	8,3	1,1	86,7	7,1	1,0	85,9	9,1	1,0	89
Талабан польовий	6,8	7,2	–	5,4	1,8	66,7	6,9	0,9	87,0	7,3	0,8	89
Гірчак шорсткий	10,2	11,4	–	11,2	1,4	87,5	8,5	1,2	85,9	7,8	0,9	88,5
Гірчак березкоподібний	8,4	10,5	–	7,3	1,1	84,9	9,6	1,1	88,5	8,0	0,9	88,8
Паслін чорний	7,9	10,6	–	5,2	0,9	82,7	9,1	1,1	87,9	7,5	0,8	89,3
Блекота чорна	6,2	7,1	–	4,6	0,8	82,6	7,8	1,2	84,6	6,3	0,7	88,8
Пирій повзучий	11,3	15,3	–	13,9	2,4	82,7	9,5	1,7	82,1	10,4	1,1	89,4
Осот рожевий	2,6	3,2	–	3,1	0,5	83,9	2,0	0,4	80,0	2,3	0,3	86,9
Інші види	5,8	6,8	–	6,3	0,9	85,7	4,9	0,7	85,7	6,6	0,7	89,4
Бур'яни, усього	129,2	164,3	–	129,2	20,2	84,4	123,0	16,7	86,4	132,6	14,5	88,9
НІР _{0,05}	0,2	0,1	–	0,2	0,1	–	0,2	0,1	–	0,2	0,1	–

На ділянках верби енергетичної, де згідно зі схемою дослідів проводили систему послідовних обробітків міжрядь секціями сітчастих борін (варіант 3),

отримані результати контролювання сходів бур'янів були близькими до показників попереднього варіанту. Зниження кількості сходів бур'янів, навіть з урахуванням дикої рослинності в захисних зонах рядків культури, становило в середньому за роки проведення досліджень 86,4 %.

Найчутливішими по проведенню послідовних боронувань сітчастою бороною виявилися сходи гірчака березкоподібного, відмирання рослин якого становило 88,5 %, пасльону чорного – 87,9, мишію сизого – 87,6, проса півнячого – 87,6, талабану польового – 87,0, лободи білої – 86,8 %.

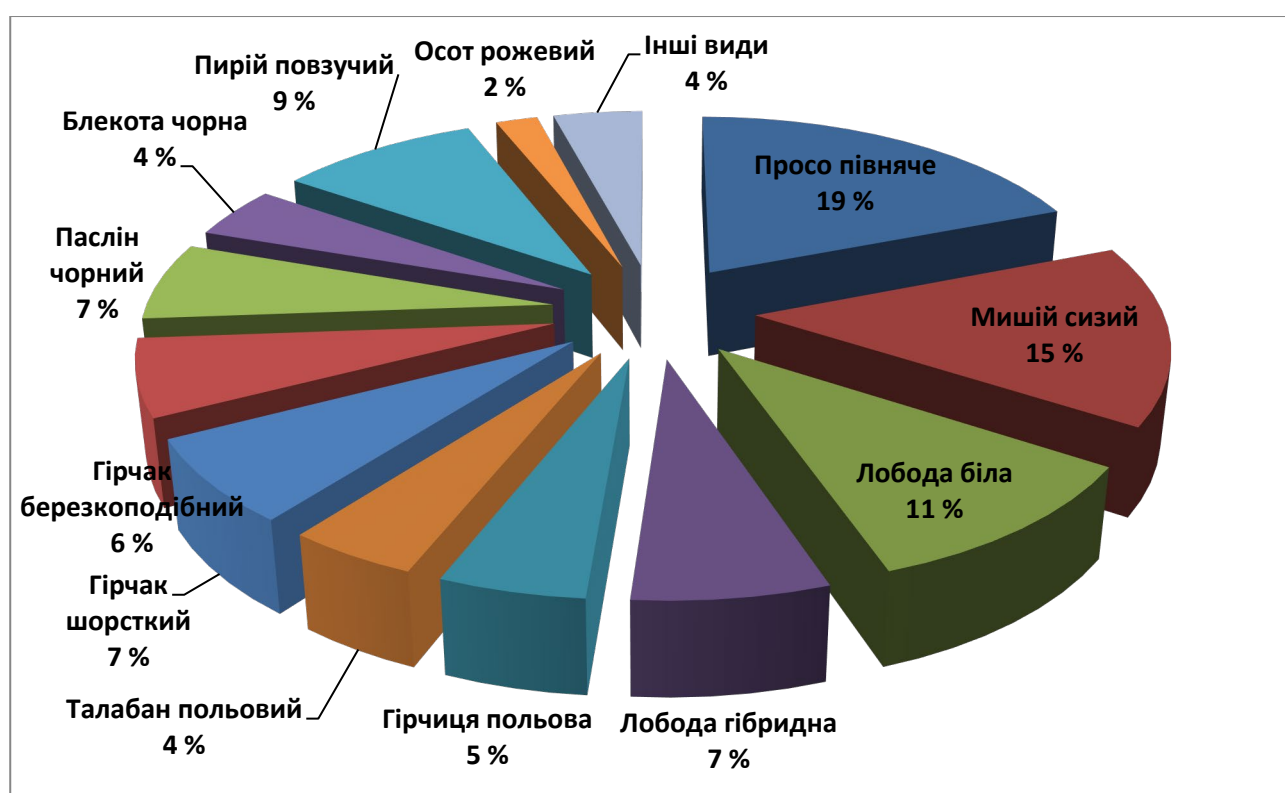


Рис. 3.4. Структура забур'янення верби енергетичної першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.

Дія набірних ґрунтообробних елементів сітчастих борін на сходи рослин багаторічників – пирію повзучого та осоту рожевого – була менш ефективною. Перемішування часток ґрунту у верхньому шарі ґрунтообробними елементами сітчастих борін лише частково переміщувало їх у горизонтальній площині та майже не змінювало їхнього положення в площині вертикальній. Тому

винесення нових порцій насіння бур'янів з нижніх ярусів практично майже не відбувалось. Відповідно, поява нових сходів бур'янів після завершення періоду проведення міжрядних обробітків була істотно меншою порівняно з ділянками насаджень у варіанті 2.

Контролювання сходів бур'янів у міжряддях насаджень верби енергетичної за допомогою ручного послідовного зрізування їхніх наземних частин виявилось достатньо ефективним. Зрізування рослин до формування більше 4-х листків традиційно завершувалось їхнім наступним відмиранням унаслідок індукованого механічного дис-стресу. Зрізування рослин на пізніших етапах органогенезу частково залишало рослинам шанс на виживання завдяки формуванню нових пагонів із колатеральних бруньок. Проте проведення наступних зрізувань знову індукувало нові механічні дис-стреси і більшість таких пошкоджених рослин відмирала. Та невелика їх частина, яка все таки виживала, формувала неотенічні наземні частини, мала низьку біологічну продуктивність та малу конкурентну здатність. Загальне зниження чисельності рослин бур'янів у насадженнях культури після проведення трьох послідовних зрізувань становило 89,1 %. Формування маси бур'янів енергетичної у перший рік вегетації повільно освоюють вільний простір у насадженнях, пізні сходи бур'янів мали шанс на успішну вегетацію.

Достатній рівень зволоження ґрунту, наявність запасів мінерального живлення, тривалий вегетаційний період, доступ до потоку енергії ФАР і сприятливий температурний режим у поєднанні із запасами насіння та органів вегетативного розмноження забезпечували рослинам бур'янів на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) можливості для успішного росту, розвитку та формування наземної маси (табл. 3.6).

За роки проведення досліджень сира маса бур'янів на час проведення обліків (друга декада серпня) становила в середньому 3854 г/м². Серед видів бур'янів, що були присутні в насадженнях верби енергетичної, найбільшу частку в структурі маси мали: паслін чорний – 833 г/м², або 21,6 %, лобода біла

– 818, або 21,2, просо півняче – 434, або 11,3, мишій сизий – 316, або 8,2, гірчиця польова – 280 г/м², або 7,3 %.

Таблиця 3.6

**Величина накопичення сирої маси бур'янів
залежно від застосування систем механічного захисту
верби енергетичної, середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид бур'яну	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
Просо півняче	434	132	106	128	—
Мишій сизий	316	97	110	93	—
Лобода біла	818	286	191	245	—
Лобода гібридна	102	39	44	36	—
Гірчиця польова	280	85	63	81	—
Талабан польовий	183	54	37	49	—
Гірчак шорсткий	191	72	86	63	—
Гірчак березкоподібний	135	38	29	40	—
Паслін чорний	833	315	362	253	—
Блекота чорна	108	31	42	35	—
Пирій повзучий	109	44	63	26	—
Осот рожевий	134	52	75	34	—
Інші види	211	67	36	58	—
Бур'яни, усього	3854	1312	1244	1141	—
НІР _{0,05}	1,3				—

Застосування системи механічних способів захисту насаджень верби енергетичної від бур'янів через проведення міжрядних культивацій знижувало здатність диких рослин рости й розвиватися та формувати свою наземну масу. На ділянках насаджень культури варіанту 2 маса бур'янів становила в

середньому 1312 г/м², або була меншою за показники на насадженнях варіанту 1 у 2,9 раз. Найбільшу частку маси бур'янів після застосування системи послідовних культивацій формували: паслін чорний – 315 г/м², або 24,0 %, лобода біла – 286, або 21,8, просо півняче – 132, або 10,1, мишій сизий – 97, або 7,4, гірчиця польова – 85, або 6,5, гірчак шорсткий – 72 г/м², або 5,5 %. Рослини таких видів, як блекота чорна (*Hyoscyamus niger* L.), лобода гібридна (*Chenopodium hybridum* L.) та гірчак березкоподібний (*Polygonum convolvulus* L.) після системи послідовних міжрядних культивацій формували наземну масу повільно і в невеликій кількості.

Використання для захисту насаджень верби енергетичної механічних прийомів впливу на сходи бур'янів у формі системи послідовних міжрядних боронувань сітчастими боролами (варіант 3) не лише ефективно знижувало чисельність диких рослин, а й стримувало процеси формування ними маси. У середньому на час проведення обліків, навіть з урахуванням захисних зон рядків культури, маса бур'янів становила 1244 г/м², або лише 32,3 % від максимальної її величини в насадженнях варіанту 1.

Серед присутніх у насадженнях верби енергетичної видів бур'янів найбільша частка в структурі належала рослинам пасльону чорного – 362 г/м², або 29,1 %, лободи білої – 191, або 15,4, мишію сизого 110, або 8,8, проса півнячого – 106, або 8,5, гірчака шорсткого – 86, або 6,9, осоту рожевого – 75 г/м², або 6,0 %. Інші види формували меншу наземну масу.

У насадженнях культури першого року вегетації варіанту 4 для контролювання сходів бур'янів було застосовано систему послідовних механічних зрізувань наземних частин рослин. Рослини, що частково вижили, формували незначну наземну масу. Основну частку маси утворювали молоді рослини, що проросли після закінчення періодів послідовного зрізування. Маса бур'янів у насадженнях верби енергетичної варіанту 4 у середньому становила 1141 г/м², або була в 3,4 раз меншою від максимальних її показників у насадженнях культури (варіант 1).

Аналіз отриманих у польових дослідженнях даних щодо рівня контролювання сходів бур'янів механічними прийомами впливу доводить, що всі способи були достатньо ефективними. Зниження рівня чисельності сходів бур'янів за роки проведення досліджень було в межах від 84,3 до 89,1 %, тобто показники наближаються до рівня ефективності, який прийнятий для оцінки гербіцидів (понад 95 %).

Водночас механічні (агротехнічні) прийоми виявили й певні недоліки. Насамперед до них потрібно віднести інтенсивне перемішування верхнього шару ґрунту під час проведення міжрядних культивацій, яке сприяє появі наступної хвилі нових сходів бур'янів у насадженнях культури. Зменшення рівня перемішування ґрунту, як це відбувалося за використання в міжряддях системи проходів сітчастих борін і особливо застосування системи послідовних зрізувань, знижувало інтенсивність появи нових сходів бур'янів, однак не зупиняло такий процес повністю.

Наявність в орному шарі великих запасів насіння, здатного до проростання, та надходження до поверхні ґрунту потоку енергії ФАР забезпечувало процеси забур'янення та заповнення дикими рослинами вільних екологічних ніш у насадженнях верби енергетичної першого року до повного їх освоєння. Рослини бур'янів активно росли й розвивалися і накопичували наземну масу (табл. 3.7).

На ділянках верби енергетичної без негативного впливу бур'янів протягом усього вегетаційного періоду (варіант 5) молоді рослини культури (живці) успішно формували нові придаткові корені та розвивали з колатеральних бруньок нові пагони, які поступово, починаючи з базальної частини стебел, проходили процеси лігніфікації (здере́в'яні́ння).

Усі компоненти синузій рослин, які щорічно формувалися в насадженнях верби енергетичної першого року вегетації, у процесі свого росту й розвитку накопичували масу наземних частин, зокрема суху біомасу. Утворення сухої маси рослин розпочиналася від самого початку ростових процесів і є результатом передусім процесів фотосинтезу.

**Величина накопичення сухої маси бур'янів
залежно від застосування систем механічного захисту
верби енергетичної, середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид бур'яну	Варіант дослідю				
	1	2	3	4	5
Просо півняче	131	51	40	49	—
Мишій сизий	123	38	43	36	—
Лобода біла	154	89	59	76	—
Лобода гібридна	32	13	14	11	—
Гірчиця польова	118	36	27	34	—
Талабан польовий	77	23	16	21	—
Гірчак шорсткий	76	29	34	25	—
Гірчак березкоподібний	54	15	12	16	—
Паслін чорний	175	104	119	84	—
Блекота чорна	37	11	14	11	—
Пирій повзучий	39	16	23	9	—
Осот рожевий	38	15	22	10	—
Інші види	69	22	11	19	—
Бур'яни, усього	1123	462	434	401	—
НІР _{0,05}	2				—

Частина пластичних речовин, які були синтезовані в хлоренхімі листків (продукти фотосинтезу), транслокувалася до точок росту пагонів (апикальної меристеми) і в результаті біохімічних процесів, насамперед полімеризації моно- і дицукрів, трансформувалась у молекули целюлози. Саме молекули целюлози (глюкоза зі ступенем полімеризації приблизно 1000 мономерів в одній макромолекулі) є основою клітинних оболонок рослин, які поступово просочуються лігніном та суберином і перетворюються в деревину.

На ділянках культури, що вегетували з бур'янами протягом усього вегетаційного періоду (варіант 1), накопичення сухої маси рослин диких видів в усі роки проведення досліджень було максимальним і становило в середньому 1123 г/м². Серед присутніх у насадженнях верби енергетичної видів бур'янів найбільшу частку у формуванні сухої маси мали: паслін чорний – 175 г/м², або 15,6 %, лобода біла – 154, або 13,7, просо півняче – 131, або 11,7, мишій сизий – 123, або 10,9, гірчиця польова – 118 г/м², або 10,5 %.

Застосування для захисту насаджень верби енергетичної від бур'янів системи міжрядних послідовних культивацій стримувало здатність диких рослин формувати суху масу (варіант 2). Величина накопичення сухої біомаси бур'янів становила 462 г/м², або була меншою значень цього показника на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) у 2,4 раза. Відповідно, величина негативного впливу присутніх у насадженнях культури бур'янів була істотно меншою.

Використання для захисту плантацій верби енергетичної від бур'янів системи послідовних міжрядних боронувань сітчастими боронами (варіант 3) знижувало здатність рослин бур'янів, що вижили та вегетували у захисних зонах рядків культури, формувати суху масу у 2,6 раза порівняно із цим показником у варіанті 1. Максимальну суху масу накопичували такі бур'яни, як: паслін чорний – 119 г/м², лобода біла – 59, мишій сизий – 43 та просо півняче – 40 г/м².

Проведення захисту насаджень культури від бур'янів у перший рік їхньої вегетації за допомогою системи послідовних зрізувань сходів у міжряддях істотно знижувало здатність рослин, що виживали, формувати біомасу, зокрема й суху.

Величина накопичення сухої маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної становила в середньому 401 г/м², або була у 2,8 раза меншою порівняно з показниками на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1).

Максимальні показники накопичення сухої маси на варіанті № 4 можна відзначити в таких видів бур'янів: паслін чорний – 84 г/м², лобода біла – 76, просо півняче – 49, мишій сизий – 36, гірчиця польова – 34 г/м².

Результати польових досліджень, проведених протягом 2012–2016 рр., дають змогу оцінити особливості взаємодії рослин бур'янів і молодих рослин (живців) верби енергетичної в перший рік вегетації. Наявність вільних екологічних ніш, сприятливі умови для росту й розвитку та низький рівень конкурентної здатності молодих рослин культури сприяли інтенсивному заселенню насаджень верби дикими видами рослин. У насадженнях, де бур'яни мали змогу вільно рости й розвиватися (варіант 1), вони формували найбільшу наземну масу, поглинали з ґрунту значні обсяги сполук мінерального живлення і створювали рослинам верби енергетичної умови гострої конкуренції за чинники життя. Вегетація за таких умов обмежувала можливості молодих рослин культури і знижувала їхній біологічний потенціал. Рослини верби енергетичної поступово вкорінювались і формували пагони, довжина річних приростів яких за роками досліджень становила в середньому 63 см (табл. 3.8).

Застосування механічних (агротехнічних) систем захисту насаджень від бур'янів через проведення трьох послідовних міжрядних культивацій ґрунту забезпечувало не лише зниження біологічного потенціалу рослин бур'янів, що виживали або вегетували в захисних зонах рядків. Так, захисні заходи забезпечували повнішу реалізацію біологічного потенціалу молодих рослин верби енергетичної. Довжина їхніх річних пагонів становила в середньому 121,8 см, або перевищувала аналогічні показники рослин на забур'янених ділянках (варіант 1) у 1,9 раза.

Застосування для захисту насаджень верби енергетичної системи послідовних міжрядних боронувань сітчастими боронами виявило близькі показники рівня ефективності впливу на сходи бур'янів і сприяли формуванню річних пагонів рослин культури завдовжки 123,2 см. Такі середні показники мали тенденцію перевищення позитивного впливу виконання системи послідовних культивацій міжрядь.

Таблиця 3.8

**Довжина річних пагонів верби енергетичної за різних систем захисту
насаджень від бур'янів, 2012–2016 рр., см/рослину**

Рік досліджень	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
2012	58	118	120	123	147
2013	61	126	126	129	153
2014	65	124	121	121	156
2015	59	119	120	126	151
2016	72	122	129	129	153
У середньому	63,0	121,8	123,2	125,6	152,0
НІР _{0,05}	5,3				

Проведення в насадженнях верби енергетичної системи послідовних зрізувань сходів бур'янів у міжряддях виявила позитивний вплив таких заходів на молоді рослини культури, насамперед завдяки ослабленню потенційних зелених конкурентів за чинники життя. Вегетація рослин культури відбувалась у достатньо сприятливих умовах, тому довжина річних приростів пагонів становила в середньому 125,6 см, або перевищувала довжину пагонів рослин верби енергетичної на ділянках забур'яненого контролю вдвічі.

Утримання насаджень верби енергетичної без негативного впливу бур'янів протягом усієї вегетації (варіант 5) створювало найсприятливіші умови для процесів росту й розвитку молодих рослин культури. Середні показники довжини річних приростів пагонів за роки проведення енергетичної тут перевищували значення на варіанті 1 у 2,4 рази.

Результати визначення врожайності сухої маси верби енергетичної, виходу твердого біопалива та виходу енергії за різних систем захисту від бур'янів наведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Урожайність сухої маси верби енергетичної, вихід твердого біопалива та вихід енергії за різних систем захисту від бур'янів, 2012–2016 рр., г/м²

Рік досліджень	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
Урожайність, т/га	1,15	2,52	2,55	2,60	3,14
Вихід твердого біопалива, т/га	1,26	2,77	2,80	2,86	3,46
Вихід енергії, ГДж/га	23,3	51,3	51,9	52,9	64,0

Найменша продуктивність рослин спостерігалася на забур'яненому контрольному варіанті – 1,15 т/га, а от чистий контроль забезпечив формування 3,14 т/га сухої речовини верби енергетичної.

Варіанти застосування механічних заходів захисту від бур'янів були близькими за ефективністю до чистого контролю, тому продуктивність рослин мала тенденцію наближення до цих показників, хоча й достовірно відрізнялася. Так, застосування механічних (агротехнічних) систем захисту насаджень від бур'янів через проведення трьох послідовних міжрядних культивацій ґрунту сприяло формуванню рослинами верби першого року 2,52 т/га сухої речовини.

А от за умови застосування для захисту насаджень верби енергетичної системи послідовних міжрядних боронувань сітчастими боронами сухої біомаси утворювалося на 0,03 т/га більше – 2,55 т/га. За проведення в насадженнях верби енергетичної системи послідовних зрізувань у міжряддях сходів бур'янів урожайність її сухої маси становила 2,60 т/га.

Слід зазначити, що досліджувані нами варіанти за збором сухої речовини енергетичної верби першого року життя між собою суттєво не різнилися – їхні відхилення були в межах похибки досліджу.

На варіанті № 2 за умови застосування трьох послідовних міжрядних культивуцій ґрунту в середньому за 2012–2016 рр. отримано 2,77 т/га твердого біопалива. У разі захисту насаджень верби енергетичної за допомогою системи послідовних міжрядних боронувань сітчастими боронами збір біопалива неістотно збільшувався – 2,80 т/га. Аналогічну тенденцію відзначено і за проведення в насадженнях верби енергетичної системи послідовних зрізувань сходів бур'янів у міжряддях (варіант 4) – 2,86 т/га.

Вихід енергії з отриманого біопалива є узагальненням ефективності пропонованих технологій механічного захисту насаджень верби першого року вегетації від бур'янів.

Так, на забур'яненому контролі в середньому за роки досліджень вихід енергії становив 23,3 ГДж/га, тоді як за проведення трьох послідовних міжрядних культивуцій ґрунту він збільшувався майже вдвічі – до 51,3 ГДж/га.

На ділянках, де для захисту насаджень від бур'янів застосовували систему послідовних міжрядних боронувань сітчастими боронами, з урожаєм отримано 51,9 ГДж/га енергії, а за використання системи послідовних зрізувань бур'янів – 52,9 ГДж/га.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ НАСАДЖЕНЬ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ

4.1. Розроблення систем захисту від бур'янів на основі гербіцидів грунтової дії

Для забезпечення реалізації потужного біологічного потенціалу, який властивий рослинам міскантусу гігантського, його насадження закладають за допомогою висаджування вегетативних органів розмноження – кореневищ (ризом). На формування з ризом усіх основних частин рослини витрачають першу частину вегетаційного періоду (приблизно 60–75 діб вегетації). Саме тому перша половина вегетаційного періоду після садіння міскантусу гігантського є найскладнішою для молодих рослин культури.

Наявність високого рівня потенційного засмічення орного шару насінням бур'янів у поєднанні зі сприятливими умовами вегетації забезпечують потужний ріст і розвиток бур'янів. А отже, щоб протистояти процесам інтенсивного освоєння бур'янами наявних вільних екологічних ніш у насадженнях міскантусу доцільно використати хімічні методи їх контролювання.

Тому метою проведених у 2012–2016 рр. польових досліджень був пошук гербіцидів ґрунтової дії, придатних для захисту насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації, та вивчення ефективності їх застосування.

У процесі вибору можливих гербіцидів, що є зареєстрованими в нашій країні, увагу приділяли таким вимогам: гербіциди не повинні виявляти відчутної негативної дії на рослини культури, бути ефективними проти проростків і сходів однорічних видів бур'янів, представників як класу однодольні, так і класу дводольні, тривалість періоду захисної дії має бути максимальною.

Перед висаджуванням ризом міскантусу гігантського на полях проводили суцільні культивації, які повністю знищували наявні сходи зимуючих і ранніх

ярих видів бур'янів. А отже за рахунок цього формувалося незначне відхилення кількості бур'янів по повтореннях.

У роки проведення досліджень на полях були присутні сходи: ромашки непахучої (*Matricaria inodora* L.), підмаренника чіпкого (*Galium aparine* L.), рутки лікарської (*Fumaria officinalis* L.), сухоребрика високого (*Sisymbrium altissimum* L.), талабану польового (*Thlaspi arvense* L.), фіалки польової (*Viola arvensis* L.) та інших видів.

Сприятливі погодні умови в поєднанні з великими потенційними запасами насіння бур'янів у ґрунті забезпечили після висаджування кореневищ культури швидку появу нових сходів бур'янів. Забур'янення насаджень міскантусу гігантського в усі роки проведення досліджень мало змішаний характер. На ділянках насаджень, де захисних заходів проти бур'янів не проводили (варіант 1), нові сходи бур'янів були зафіксовані вже через 7–10 діб після проведення передпосадкової культивуації площ.

На час проведення перших обліків чисельності бур'янів (10.05) у насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації кількість їхніх сходів була в середньому 153,9 шт./м². Серед видів бур'янів наймасовішими були сходи проса півнячого (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal. Beauv.) – 33,4 шт./м², або 21,7 %, мишій сизий (*Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv.) – 21,2, або 13,8, щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) – 12,3, або 7,9, гірчак березкоподібний (*Polygonum convolvulus* L.) – 10,4, або 6,8, лобода біла (*Chenopodium album* L.) – 8,4 шт./м², або 5,4 % (табл. 6.1).

Процеси забур'янення насаджень міскантусу на ділянках контрольного варіанту 1 були схожими з процесами, що відбувалися в насадженнях культури в інших дослідках, де заходи захисту не застосовували (рис. 4.1).

У насадженнях міскантусу гігантського варіанту 2, де згідно зі схемою дослідження після садіння кореневищ вносили ґрунтовий гербіцид Фронт'єр Оптіма, 72 % к.е., ситуація з процесами забур'янення розвивалася по-іншому. Так, кількість сходів бур'янів у насадженнях культури була 42,2 шт./м², що менше порівняно з показниками контролю (варіант 1) у 3,7 раза.

Ефективність захисної дії ґрунтових гербіцидів (% загибелі рослин бур'янів) у насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.

Вид бур'яну	Варіант досліджу										
	1	2		3		4		5		6	
	бур'янів, шт./м ²	бур'янів, шт./м ²	зниження до контролю, %	бур'янів, шт./м ²	зниження до контролю, %	бур'янів, шт./м ²	зниження до контролю, %	бур'янів, шт./м ²	зниження до контролю, %	бур'янів, шт./м ²	зниження до контролю, %
Лобода біла	8,4	2,1	75	3	64	2,4	71	1,9	77	1,3	85
Щириця звичайна	12,3	2,8	77	5,9	52	4,9	60	2,5	80	0,9	93
Просо півняче	33,4	5,7	83	4,6	86	5,6	83	4,3	87	10,7	68
Мишій сизий	21,2	4	81	3,4	84	3,2	85	3,4	84	7,2	66
Гірчак березковидний	10,4	3,9	63	5,1	51	4,2	60	3,4	67	1,6	85
Гірчак почечуйний	7,8	2,7	65	3,6	54	2,9	63	2,7	65	1,3	83
Талабан польовий	6,5	1,6	75	1,9	71	2,1	68	2,1	68	0,3	95
Фіалка польова	2,5	1,2	52	1,9	24	2,3	8	1,5	40	0,5	80
Рутка лікарська	4,9	2,3	53	2,1	57	2,3	53	1,5	69	0,4	92
Підмаренник чіпкий	7,3	3,1	58	3,9	47	3,7	49	1,9	74	0,7	90
Гірчиця польова	8,4	2,6	69	2,9	65	3,2	62	2,7	68	0,6	93
Паслін чорний	8,1	2,7	67	3,2	60	3	63	2,3	72	0,7	91
Спориш звичайний	3,7	1,3	65	1,7	54	1,4	62	1,2	68	0,4	89
Куколиця біла	3,3	1,9	42	2,4	27	2,1	36	1,3	61	0,5	85
Осот жовтий	1,5	1,4	—	1,1	—	1,7	—	0,8	—	1	—
Осот рожевий	1,0	0,8	—	0,6	—	0,9	—	1,4	—	1,2	—
Інші види	6,3	2,1	67	2,7	57	2,3	63	2	68	0,9	86
Бур'яни, усього	147	42,2	71,3	50	66	48,2	67,2	36,9	74,9	30,2	85,4

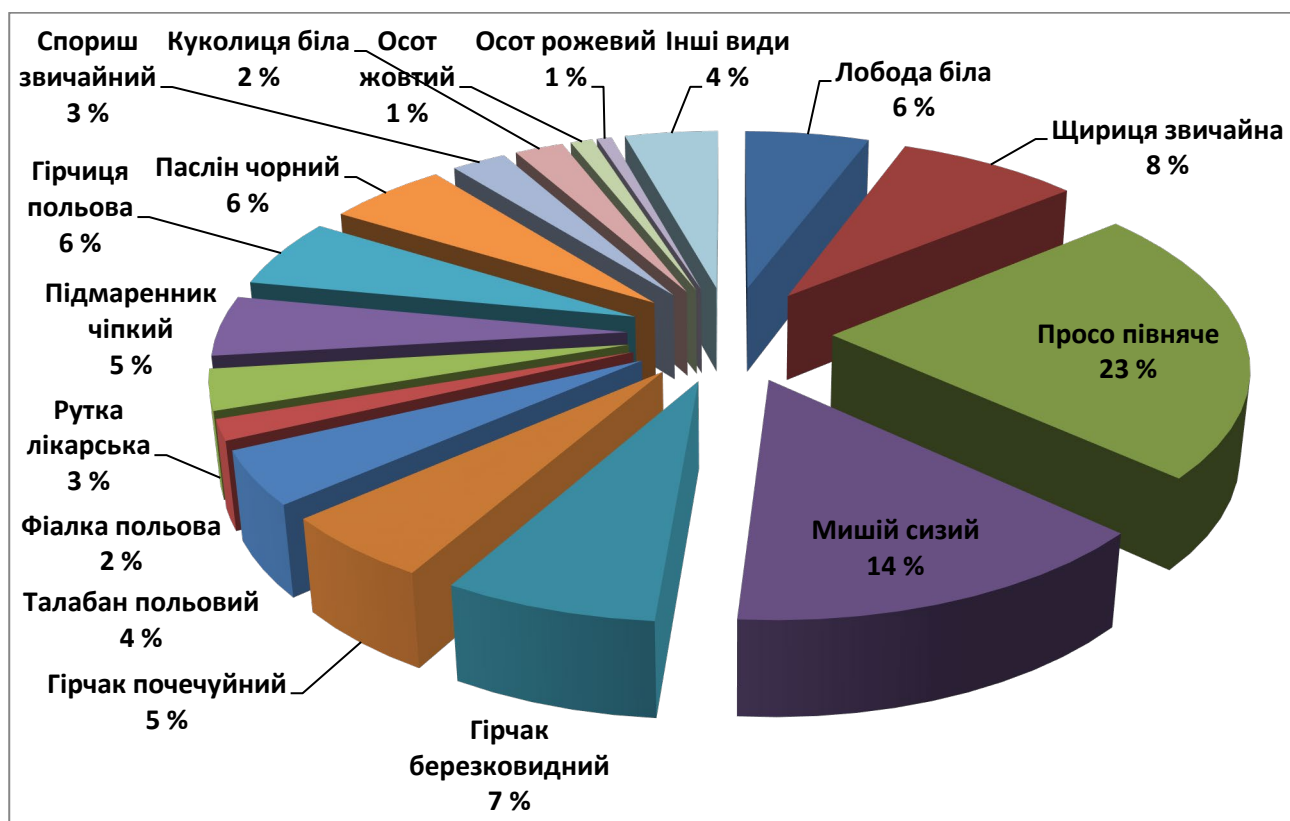


Рис. 4.1. Структура забур'янення міскантусу гігантського першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.

Ґрунтовий гербіцид добре контролював як однорічні дводольні (лобода біла, щириця загнута, талабан польовий, фіалку польову гірчак почечуйний), так і однорічні злакові (просо півняче, мишій сизий) види бур'янів. Загальне зниження чисельності сходів бур'янів за роки проведення досліджень було 72,6 %. На сходи багаторічних видів бур'янів – осоту жовтого та осоту рожевого – гербіцид Фронт'єр Оптіма, 72 % к.е. помітної дії не виявляв.

Рослини культури теж виявилися достатньо стійкими проти токсичного впливу препарату в ґрунті. Затримки в процесах росту й розвитку рослин міскантусу гігантського після застосування цього гербіциду в роки досліджень зафіксовано не було.

Ефективний період контролювання процесів появи сходів однорічних видів бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського діючою речовиною Диметенамід-П (Фронт'єр Оптіма, 720 г/л к.е.) тривав до кінця травня

(приблизно 40 діб від часу нанесення на поверхню ґрунту). У наступні періоди вегетації в насадженнях культури кількість нових сходів бур'янів значно зростала, що може бути пояснене ослабленням захисної дії препарату через його поступову деградацію ґрунтовою мікрофлорою і ультрафіолетовим складником сонячної енергії.

На ділянках насаджень культури варіанту 3, де в роки проведення досліджень застосовували після висаджування кореневищ міскантусу гігантського гербіцид ґрунтової дії Дуал Голд, 96 % к.е., загальна чисельність бур'янів на час проведення перших обліків становила 50 шт./м², або була меншою порівняно з рівнем забур'яненості насаджень варіанту 1 у 3,1 раза.

Діюча речовина цього препарату – S-метолахлор порівняно з попереднім гербіцидом виявляє більшу токсичність передусім до проростків і сходів злакових однорічних видів бур'янів. Зниження чисельності сходів проса півнячого та мишію сизого порівняно з показниками на ділянках контролю (варіант 1) становило в середньому 86 і 84 %. Дводольні види бур'янів були стійкішими до впливу діючої речовини препарату Дуал Голд, 96 % к.е.

Загальне зниження чисельності сходів дводольних однорічних видів бур'янів було на рівні: підмаренник чіпкий – 47 %, гірчак березкоподібний – 51, гірчак почечуйний – 54, рутка лікарська – 57, паслін чорний – 60, лобода біла – 64 % тощо. Сходи багаторічних видів бур'янів – осоту жовтого і осоту рожевого – виявилися стійкими до дії гербіциду Дуал Голд, 96 % к.е.

Загальне зниження чисельності сходів бур'янів унаслідок застосування гербіциду Дуал Голд, 96 % к.е. у насадженнях становило в середньому 66,0 %, або поступалося показникам на ділянках попереднього варіанту на 5,3 %.

На рослини культури – міскантусу гігантського, який належить до родини Тонконогові (Poaceae), помітного впливу препарату виявлено не було.

Ефективний рівень контролювання появи сходів однорічних видів бур'янів гербіцидом Дуал Голд, 96 % к.е. у насадженнях міскантусу гігантського тривав приблизно 40 діб. Поява нових сходів бур'янів відзначалася практично одночасно з подібними процесами на ділянках насаджень варіанту 2.

Використання для захисту від бур'янів насаджень культури першого року вегетації гербіциду ґрунтової дії Трофі, 90 % к.с. (діюча речовина – ацетохлор) виявило результативність дії на однорічні види злакових бур'янів, близьку до показників попереднього варіанту. Водночас за рівнем ефективності контролювання дводольних однорічних видів бур'янів середні показники зниження чисельності сходів лободи білої й щиріці загнутої становили на ділянках варіанту 4 – 71 та 60 %, а на ділянках з використанням Дуал Голд, 96 % к.е. (варіант 3) – 64 та 52 % відповідно.

Загальний рівень зниження чисельності сходів бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського на ділянках варіанту 4 був на рівні 67,2 %, тобто практично близьким до показників ефективності попереднього гербіциду.

Проведення захисту насаджень міскантусу гігантського від бур'янів у перший рік їхньої вегетації за допомогою гербіциду Мерлін, 75 % в.р.г. (діюча речовина – ізоксафлютол, 750 г/л.) виявилось достатньо ефективним в усі роки проведення досліджень. Гербіцид надійно контролював сходи наймасовіших у насадженнях культури однорічних злакових бур'янів. Зниження кількості сходів проса півнячого було 87 %, мишію сизого – 84 % від їхньої чисельності на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1).

Контролювання сходів однорічних дводольних видів бур'янів також було ефективним. Зокрема, зниження кількості сходів лободи білої досягало 77 %, щиріці загнутої – 80, пасльону чорного – 72, талабану польового – 68, гірчака березкоподібного – 67 %. Загальний рівень зниження чисельності бур'янів на ділянках варіанту 5 за роки проведення досліджень становив 74,9 %, тобто був вищим за показники ефективності дії всіх проаналізованих раніше препаратів.

Варто зауважити, що всі розглянуті гербіциди виявляли найвищий рівень токсичної дії передусім до проростків і сходів однорічних злакових (тонконогових) видів бур'янів. Проти дводольних видів бур'янів усі вони були менш ефективними.

На ділянках насаджень культури з використанням проти сходів бур'янів гербіциду ґрунтової дії Нельсон, 50 % к.с. наслідки застосування такого

препарату мали свою специфіку. Його діюча речовина – прометрин виявляла найвищу гербіцидну дію на проростки і сходи насамперед дводольних однорічних видів бур'янів. Зниження чисельності сходів таких бур'янів як лобода біла становило 85 %, щиріця звичайна – 93, гірчак березкоподібний – 85, гірчиця польова – 93, паслін чорний – 91 %.

Зниження чисельності однорічних злакових (тонконогових) бур'янів було меншим. Сходів проса півнячого було на 68 %, а мишію сизого на 66 % менше від їх кількості на ділянках контролю (варіант 1). Загальний рівень зниження чисельності сходів бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації внаслідок застосування гербіциду Нельсон, 50 % к.с. на час проведення обліків становив 79,5 %.

Тривалість періоду надійного захисту насаджень від однорічних видів бур'янів за використання гербіциду Нельсон, 50 % к.с. була на рівні інших препаратів ґрунтової дії, які були використані в дослідках, і не перевищувала 40 діб від часу проведення обприскування.

Загальна зручність застосування гербіцидів ґрунтової дії полягає в тому, що вони здатні тривалий період (у дослідках він становив 35–40 діб) обмежувати появу сходів багатьох однорічних видів бур'янів. Проте в насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації наявність вільних екологічних ніш триває значно довше. Адже молоді рослини через низку об'єктивних чинників не здатні так швидко освоїти вільний простір у насадженнях і надійно заповнити його своєю вегетативною масою.

Однак, недоліком гербіцидів ґрунтової дії є те, що вони не здатні повною мірою контролювати багаторічні види бур'янів, що формують значні запаси пластичних речовин у своїх підземних частинах: коренях, кореневищах, бульбах, цибулинах і т.д., і тому легко долають токсичну дію препаратів. Відповідно, за наявності багаторічних видів бур'янів на полях, останні потрібно завчасно додатково очищати від їхньої присутності, або за умови, що такі заходи своєчасно не проведені, не застосовувати для захисту від бур'янів

препарати ґрунтової дії в насадженнях молодих рослин міскантусу гігантського.

Позитивною особливістю всіх гербіцидів ґрунтової дії, що були використані у дослідженнях є те, що вони не виявляли помітного негативного впливу на рослини культури.

У процесі вегетації та освоєння вільних екологічних ніш, що присутні в насадженнях міскантусу гігантського на ділянках, де згідно зі схемою досліду захисних заходів від бур'янів не проводили, дикі рослини мали змогу успішно рости й розвиватися. Їхні наземні частини досягали максимальної величини накопичення маси у другій декаді серпня.

За роки проведення досліджень сумарна маса бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації досягала в середньому 2387 г/м^2 . Найбільшу частку в структурі маси мали рослини з ботанічної родини Лободові (*Chenopodiaceae*). Величина маси їхніх наземних частин становила в середньому 583 г/м^2 , або 24,4 %.

Близькі показники величини накопичення маси мали й рослини з ботанічної родини Тонконогові (*Poaceae*) – просо півняче та мишій сизий, сумарно вони формували 542 г/м^2 , або 22,7 %.

Представники родини Пасльонові (*Solanaceae*) накопичували 419 г/м^2 сирої маси, або 17,6 %.

Близькі показники були й у представників родини Амарантові (*Amaranthaceae*), рослини яких формували в середньому 338 г/м^2 біомаси, та видів з інших ботанічних родин.

Застосування гербіцидів ґрунтової дії істотно знижувало здатність бур'янів розвиватись у першій половині вегетаційного періоду. Відповідно величина накопичення ними маси наземних частин рослин істотно поступалася показникам формування маси на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) (табл. 4.2).

**Величина вегетативної маси бур'янів у насадженнях міскантусу
гігантського першого року вегетації залежно від застосування гербіцидів
грунтової дії, середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид бур'яну	Варіант досліджу					
	1	2	3	4	5	6
Лобода біла	583	173	181	175	134	42
Щириця звичайна	338	131	152	127	113	51
Просо півняче	304	71	65	75	55	86
Мишій сизий	238	55	51	59	43	67
Гірчак березковидний	63	16	33	30	13	28
Гірчак почечуйний	52	13	27	24	10	22
Талабан польовий	25	6	12	15	3	8
Фіалка польова	9	3	2	2	4	3
Рутка лікарська	10	3	2	2	4	3
Підмаренник чіпкий	18	6	5	4	8	6
Гірчиця польова	102	26	49	58	12	30
Паслін чорний	419	27	65	86	37	41
Спориш звичайний	30	7	16	14	6	13
Куколиця біла	17	5	4	3	8	6
Осот жовтий	41	34	22	27	22	19
Осот рожевий	95	77	52	64	51	45
Інші види	43	13	11	8	18	14
Бур'яни, усього	2387	666	749	773	541	485
НІР _{0,05}	0,40					

У насадженнях міскантусу гігантського за використання гербіциду ґрунтової дії Фронт'єр Оптіма, 72 % к.е. (варіант 2) величина накопичення маси бур'янів становила 666 г/м², або була меншою порівняно з показниками на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) у 3,5 раза.

Контролювання появи сходів бур'янів у насадженнях культури за допомогою препарату Дуал Голд, 96 % к.е. (варіант 3) забезпечувало зниження здатності їхніх рослин формувати масу. У середньому бур'яни на час проведення обліків сумарно утворювали 749 г/м² біомаси, або у 3,2 раза менше порівняно з величиною цього показника на ділянках варіанту 1.

Здійснення захисту насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації від бур'янів за допомогою застосування гербіциду ґрунтової дії Трофі, 90% к.с. (варіант 4) стримувало процес формування присутніми бур'янами своєї маси. На час проведення обліків вона була 773 г/м², або меншою порівняно з показниками на ділянках забур'яненого контролю у 3,1 раза.

Обприскування після садіння кореневищ насаджень культури гербіцидом ґрунтової дії Мерлін, 75 % в.д.г. (варіант 5) не лише контролювало появу сходів бур'янів, а й знижувало їхню здатність формувати масу рослин після ослаблення захисної дії препарату. Маса бур'янів у насадженнях на час проведення обліків становила 541 г/м², або була меншою за величину накопичення маси на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) у 4,4 раза.

Усі названі гербіциди ґрунтової дії передусім проявляли найбільшу хімічну активність на проростки і сходи однорічних злакових видів бур'янів.

З огляду на особливості структури видового складу бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського схема досліджень передбачала можливість оцінювання захисної дії гербіциду, що насамперед був спрямований проти однорічних дводольних видів бур'янів. Таким гербіцидом був препарат Нельсон, 50 % к.с.

Контролювання процесу появи сходів дводольних видів бур'янів і частково однорічних злаків було доповнене обмеженнями здатності рослин, що виживали, формувати свою масу. У насадженнях культури після застосування гербіциду ґрунтової дії Нельсон, 50 % к.с. (діюча речовина – прометрин) маса бур'янів становила в середньому за роки проведення досліджень 485 г/м², або була меншою за величину цього показника на ділянках забур'яненого контролю

(варіант 1) у 4,9 раз. Це був найкращий у дослідях результат захисної дії ґрунтових гербіцидів у насадженнях міскантусу гігантського.

Однак, загальним недоліком усіх препаратів ґрунтової дії, які були використані в дослідях, є їхня недостатня токсична дія щодо рослин багаторічних видів бур'янів, які мали можливість успішно рости, розвиватися та формувати свою наземну масу в насадженнях культури першого року вегетації.

Гербіциди ґрунтової дії виявляли свій вплив не лише на здатність бур'янів, що вижили, формувати масу. Хімічні дис-стреси комплексно проявляли свій деструктивний вплив на різні фізіологічні процеси у ювенільних рослин бур'янів різних видів. Такі негативні впливи можна простежити на рівні репродуктивної здатності таких рослин.

Оцінка рівня насінневої продуктивності рослин бур'янів, що були присутні в насадженнях міскантусу гігантського в роки проведення досліджень виявила певні закономірності. Так, найвищий рівень насінневої продуктивності зафіксовано в різних видів бур'янів на ділянках варіанту 1.

Серед усіх видів бур'янів найвищий рівень насінневої продуктивності зафіксовано в щиріці загнутої – 112,2 тис. шт./рослину. Йому поступався лише показник у рослин лободи білої – 80,6 тис. шт./рослину. Інші види мали істотно нижчий рівень насінневої продуктивності (табл. 4.3).

Для порівняння: куколиця біла – 46,9, паслін чорний – 24,3, осот жовтий 22,6, осот рожевий – 20,1, гірчиця польова – 15,1, гірчак почечуйний – 7,5 тис. шт./рослину. Інші види бур'янів, що були присутні в насадженнях міскантусу гігантського в роки проведення досліджень, формували нижчий рівень насінневої продуктивності.

Вплив гербіцидів ґрунтової дії негативно позначався на показниках насінневої продуктивності конкретних видів бур'янів. Наприклад, на ділянках дослідів із використанням гербіциду Фронт'єр Оптима, 72 % к.е. середня насіннева продуктивність однієї рослини лободи білої була 67,7 тис. шт., або на рівні 84,0 % від максимального показника в дослідях (варіант 1).

**Насіннєва продуктивність рослин бур'янів у насадженнях міскантусу
гігантського першого року вегетації залежно від застосування гербіцидів
грунтової дії, середнє за 2012–2016 рр., тис. шт./рослину**

Вид бур'яну	Варіант досліджу										
	1	2		3		4		5		6	
	насіння, тис. шт.	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %
Лобода біла	80,6	67,7	16,0	75,8	6,0	79,5	1,4	74,9	7,1	62,8	22,1
Щириця звичайна	112,2	90,8	19,1	106,7	4,9	96,8	13,7	99,8	11,1	81,9	27,0
Просо півняче	3,8	3,4	10,5	3,5	7,9	3,4	10,5	3,3	13,2	3,6	5,3
Мишій сизий	4,4	4,1	6,8	3,9	11,4	4,1	6,8	3,7	15,9	4,1	6,8
Гірчак березковидний	5,6	4,8	14,3	5,1	8,9	5,3	5,4	5,0	10,7	4,8	14,3
Гірчак почечуйний	7,5	6,6	12,0	6,8	9,3	6,7	10,7	6,5	13,3	6,1	18,7
Талабан польовий	1,4	1,2	14,3	1,3	7,1	1,2	14,3	1,1	21,4	1,0	28,6
Фіалка польова	6,0	2,9	52,0	4,6	24,0	5,5	8,0	3,6	40,0	1,2	80,0
Рутка лікарська	7,4	3,5	53,1	3,2	57,1	3,5	53,1	2,3	69,4	0,6	91,8
Підмаренник чіпкий	0,8	0,7	12,5	0,7	12,5	0,6	25,0	0,7	12,5	0,5	37,5
Гірчиця польова	15,1	13,4	11,3	14,3	5,3	14,2	6,0	13,7	9,3	12,5	17,2
Паслін чорний	24,3	23,3	4,1	23,3	4,1	23,3	4,1	22,5	7,4	21,6	11,1
Спориш звичайний	0,7	0,3	64,9	0,3	54,1	0,3	62,2	0,2	67,6	0,1	89,2
Куколиця біла	46,9	27,0	42,4	34,1	27,3	29,8	36,4	18,5	60,6	7,1	84,8
Осот жовтий	22,6	22,1	2,2	22,1	2,2	22,3	1,3	21,7	4,0	21,4	5,3
Осот рожевий	20,1	19,8	1,5	19,7	2,0	19,4	3,5	19,2	4,5	19,1	5,0
Інші види	52,9	17,6	66,7	22,7	57,1	19,3	63,5	16,8	68,3	7,6	85,7
Бур'яни, усього	412,3	309,1	—	348,0	—	335,2	—	313,5	—	255,9	—
НІР _{0,05}	0,47	0,47	—	0,47	—	0,47	—	0,47	—	0,47	—

На ділянках із внесенням гербіциду Дуал Голд, 96 % к.е. насіннева продуктивність лободи білої була вищою – 75,8 тис. шт./рослину, або на рівні 94,0 % від максимального.

Застосування гербіциду Трофі, 90% к.с. призводило до зниження рівня насінневої продуктивності найменше в дослідях. Рослина лободи білої формувала 79,5 тис. шт. насінин, або 98,6 % від максимального рівня в досліді.

Дія гербіциду Мерлін, 75 % в.д.г. на рослини лободи білої була близькою до показників варіанту 3 – їхня насіннева продуктивність була 74,9 тис. шт., або 92,9 % від максимально можливого в дослідях.

Гербіцид Нельсон, 50 % к.с. серед препаратів ґрунтової дії проявляв найпотужніший негативний вплив на рівень насінневої продуктивності лободи білої. Рослини, що продовжували свою вегетацію переживши токсичну дію гербіциду, формували в середньому 62,8 тис. шт. насінин, або 77,9 % до максимальних показників на ділянках варіанту 1.

Реакція рослин бур'янів різних видів на вплив гербіцидів була неоднаковою за величиною, проте практично всі вони діяли негативно на фізіологічні процеси і генеративну сферу ювенільних рослин.

Рослини проса півнячого, що не отримували хімічних стресів (ділянки насаджень варіанту 1), формували в роки проведення досліджень найвищий рівень насінневої продуктивності – 3,8 тис. насінин (зернівок) на рослину.

На ділянках варіанту 2 (застосування гербіциду Фронт'єр Оптіма, 72 % к.е.) рівень насінневої продуктивності становив 3,4 тис. шт./рослину, або 89,5 %, варіанту 3 (Дуал Голд, 96 % к.е.) – 3,5 тис., або 92,1, варіанту 4 (Трофі, 90 % к.с.) – 3,4 тис., або 89,5, варіанту 5 (Мерлін, 75 % в.д.г.) – 3,3 тис., або 86,8 і на ділянках варіанту 6 (Нельсон, 50 % к.с.) – 3,6 тис. шт./рослину, або 94,7 % від максимального рівня в досліді (варіант 1).

Узагальнюючи викладені результати оцінки рівня насінневої продуктивності різних видів бур'янів і впливу на цей показник гербіцидів ґрунтової дії, правомірно стверджувати, що практично всі препарати, які були використані в дослідях, впливали на генеративні структури бур'янів.

Величина зниження здатності формувати насіння в рослин бур'янів залежала як від їхніх видових особливостей, так і від хімічної природи й механізму дії препаратів. Питання такого фізіологічного впливу є достатньо складним та багатоплановим і потребує докладного спеціального дослідження.

Умови вегетації, насамперед наявність і рівень конкуренції молодим рослинам міскантусу гігантського за чинники життя з боку бур'янів, безпосередньо впливали на рівень біологічної продуктивності культури.

Дані щодо формування врожайності сухої маси рослинами міскантусу гігантського першого року вегетації залежно від застосування гербіцидів ґрунтової дії наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Урожайність сухої маси міскантусу гігантського та вихід біопалива і енергії залежно від застосування гербіцидів ґрунтової дії, 2012–2016 рр., т/га

Рік досліджень	Варіант досліджу						
	1	2	3	4	5	6	7
Урожайність, т/га	0,79	1,57	1,55	1,54	1,59	1,61	1,82
Вихід твердого біопалива, т/га	0,88	1,73	1,71	1,70	1,76	1,77	2,01
Вихід енергії, ГДж/га	14,8	29,3	28,9	28,8	29,7	30,0	34,0

Цілком очікувано мінімальну врожайність сухої біомаси рослини міскантусу гігантського формували на ділянках забур'яненого контролю – 0,79 т/га. Застосування ґрунтових гербіцидів Фронт'єр Оптіма, 72 % к.е. (д.р. диметенамід-П) (варіант 2), Дуал Голд, 96 % к.е. (д.р. S-метолахлор) (варіант 3), Трофі, 90 % к.с. (д.р. ацетохлор) (варіант 4), Мерлін, 75 % в.г. (д.р. ізоксафлютол) (варіант 5) та Нельсон, 50 % к.с. (д.р. прометрин) (варіант 6) забезпечувало збір сухої біомаси на рівні 1,54–1,61 т/га, що достовірно не відрізнялося в межах найменшої істотної різниці дослідів.

За аналогією з показниками збору сухої біомаси рослин міскантусу першого року життя, найнижчим вихід біопалива був на забур'яненому контролі – 0,88 т/га, а максимальні значення цього показника формувалися на

ділянках чистого контролю (без бур'янів) – 2,01 т/га. Застосування гербіцидів ґрунтової дії для контролювання забур'янення насаджень міскантусу давало змогу отримати вихід твердого біопалива в межах від 1,70 до 1,77 т/га.

Мінімальні значення виходу енергії зафіксовано на забур'яненому контролі – 14,8 ГДж/га, максимальні – на ділянках чистого контролю (без бур'янів) – 24,0 ГДж/га. Застосування гербіцидів ґрунтової дії для контролювання забур'янення насаджень міскантусу забезпечувало вихід енергії на рівні – 28,8–30,0 ГДж/га. При цьому найвищі значення досліджуваного показника отримано на ділянках насаджень культури з використанням проти сходів бур'янів гербіциду ґрунтової дії Нельсон, 50 % к.с. (варіант 6).

4.2. Розроблення системи захисту від бур'янів на основі посходових гербіцидів

Створення багаторічних насаджень міскантусу гігантського потребує врахування біологічних особливостей його онтогенезу. Специфікою є той факт, що основним способом розмноження культури є вегетативний. Багаторічні злакові рослини, до яких належить і міскантус гігантський, для такого способу розмноження мають відповідні пристосування. Зокрема вони формують спеціалізовані підземні пагони – кореневища (ризом), основною функцією яких і є забезпечення вегетативного розмноження рослин та їх поширення на незаселені видом території.

Рослини міскантусу гігантського – потужні багаторічні трави, що характеризуються високим рівнем біологічної продуктивності та конкурентної здатності до інших видів, що мають трав'янисту життєву форму. Проте такі ознаки властиві тільки рослинам другого і наступних років вегетації, коли вони добре розвинені, мають значні запаси пластичних речовин у підземних багаторічних частинах і сформували кореневища.

Ще однією особливістю рослин міскантусу гігантського є їхня невисока конкурентна здатність щодо рослин-конкурентів у перший рік вегетації після

висаджування кореневищ у ґрунт. Новим рослинам потрібно відновити відсутні частини: корені, стебла та листки. Кореневища мають відповідний запас пластичних речовин та енергії, проте в процесі формування головних частин молоді рослини не здатні протистояння агресивним видам бур'янів, що заселяють вільний простір у насадженнях. Найкритичнішою є перша половина вегетаційного періоду, поки рослини культури ще недостатньо зміцніли.

Дослідження процесів забур'янення насаджень міскантусу гігантського і розроблення ефективних способів їхнього захисту від бур'янів упродовж першого року вегетації за допомогою застосування пошкодових гербіцидів проводили у 2012–2016 рр. (табл. 4.5).

Забур'яненість насаджень міскантусу гігантського в усі роки проведення досліджень мала змішаний характер. Наймасовими на час проведення перших обліків сходів бур'янів у насадженнях культури (10.05) були: просо півняче – 17,4 шт./м², або 17,9 % у загальній структурі видів, мишій сизий 11,3, або 11,7, паслін чорний – 7,0, або 7,2, гірчиця польова – 6,2, або 6,4, лобода біла – 5,9 шт./м², або 6,1 %.

Варто відзначити, що процеси забур'янення в роки проведення досліджень у насадженнях міскантусу гігантського відбувались інтенсивно. Так, загальна кількість сходів бур'янів станом на 10.05 була 99,7 шт./м², а вже через місяць (10.06), на час виконання другого обліку, вона збільшувалася до 125,9 шт./м², або на 26,3 %.

На ділянках варіанту 2 кількість сходів бур'янів перед проведенням обприскування була 103,4 шт./м². Після застосування гербіциду Банвел 4S 480 SL, в.р.к (д.р. дикамба) вона зменшилася до 19,2 шт./м², тобто загальна ефективність захисної дії препарату становила 81,4 %. Серед видів бур'янів, що були присутні в насадженнях міскантусу гігантського, найвищий рівень ефективності гербіциду був зафіксований проти рослин: гірчиці польової (*Sinapis arvensis* L.) – 98,3 %, талабану польового (*Thlaspi arvense* L.) – 98,1, осоту рожевого (*Cirsium arvense* L.) – 96,9, гірчака березкоподібного – 96,4, осоту жовтого (*Sonchus arvensis* L.) – 94,1, щириці загнутої – 93,2, пасльону

чорного (*Solanum nigrum* L.) – 92,9, гірчака почечуйного (*Polygonum persicaria* L.) та фіалки польової (*Viola arvensis* Murr.) – по 91,6 %.

Таблиця 4.5

Ефективність захисної дії посходових гербіцидів у насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.

Вид бур'яну	Варіант досліджу										
	1		2			3			4		
	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загибель, %	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загибель, %	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загибель, %
Лобода біла	5,9	6,7	6,2	0,9	85,5	4,6	0,8	82,6	6,3	0,3	95,2
Щириця звичайна	5,2	7,8	4,4	0,3	93,2	5,3	0,9	83,0	4,1	0,1	97,6
Просо півняче	17,4	28,6	18,2	7,2	60,4	16,5	7,6	53,9	14,8	0,3	98,0
Мишій сизий	11,3	16,9	15,3	5,6	63,4	13,4	6,3	53,0	17,1	0,7	95,9
Гірчак березковидний	4,7	5,4	5,5	0,2	96,4	4,9	0,3	93,9	3,7	0,1	97,3
Гірчак почечуйний	5,6	5,8	4,6	0,4	91,3	5,1	1	80,4	3,9	0,2	94,9
Талабан польовий	3,8	4	5,2	0,1	98,1	4,2	0,3	92,9	3,3	0,1	97,0
Фіалка польова	5,1	5,5	4,6	0,4	91,3	3,8	0,3	92,1	6,1	0,1	98,4
Рутка лікарська	4,9	5,2	5,7	0,7	87,7	4,2	0,5	88,1	3,8	0,1	97,4
Підмаренник чіпкий	3,7	3,9	4,1	0,5	87,8	3,6	0,6	83,3	2,5	0,2	92,0
Гірчиця польова	6,2	6,7	5,8	0,1	98,3	6,4	0,8	87,5	6,7	0,4	94,0
Паслін чорний	7	7,8	5,6	0,4	92,9	5,9	0,9	84,7	6,2	0,4	93,5
Спориш звичайний	3,8	4,2	4,8	1,3	72,9	5,3	1,6	69,8	6	1,3	78,3
Куколиця біла	4,4	4,8	3,2	0,3	90,6	2,5	0,1	96,0	2,9	0,1	96,6
Осот жовтий	2,2	2,9	1,7	0,1	94,1	0,9	0,1	88,9	2,3	0,1	95,7
Осот рожевий	3,1	3,6	3,2	0,1	96,9	2,7	0,1	96,3	1,8	0,1	94,4
Інші види	5,4	6,1	5,3	0,6	88,7	4,2	0,5	88,1	3,6	0,2	94,4
Бур'яни, усього	99,7	125,9	103,4	19,2	81,4	93,5	22,7	75,7	95,1	4,8	95,0
НІР _{0,05}	0,3	0,1	0,3	0,1	–	0,3	0,1	–	0,3	0,1	–

Продовження таблиці 4.5

Вид бур'яну	Варіант дослідю								
	5			6			7		
	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загибель, %	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загибель, %	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загибель, %
Лобода біла	5,1	0,8	84,3	5,8	2,6	55,2	6,2	2,4	61,3
Щириця звичайна	5,8	1	82,8	6	1,6	73,3	5,3	0,8	84,9
Просо півняче	16,3	12,6	22,7	15,6	2,2	85,9	17,1	0,7	95,9
Мишій сизий	9,7	8,2	15,5	11,2	1,4	87,5	13,9	0,6	95,7
Гірчак березковидний	5	0,2	96,0	4,4	0,4	90,9	3,4	0,1	97,1
Гірчак почечуйний	6,1	0,8	86,9	5,7	0,8	86,0	4,8	0,8	83,3
Талабан польовий	2,9	0,3	89,7	4,3	0,7	83,7	4	0,1	97,5
Фіалка польова	5,3	0,4	92,5	4,9	0,1	98,0	3,7	0,1	97,3
Рутка лікарська	2,6	0,2	92,3	3	0,1	96,7	4,4	0,2	95,5
Підмаренник чіпкий	3,4	0,7	79,4	3,8	0,6	84,2	4,2	0,8	81,0
Гірчиця польова	4,2	0,4	90,5	3,9	0,9	76,9	4,3	0,5	88,4
Паслін чорний	5,3	0,7	86,8	6,4	1,3	79,7	6,1	1	83,6
Спориш звичайний	3,1	0,8	74,2	6,1	2,2	63,9	4,5	2,1	53,3
Куколиця біла	5,4	0,7	87,0	4	0,6	85,0	3,8	0,1	97,4
Осот жовтий	1,4	0,1	92,9	1,6	0,1	93,8	1,5	0,1	93,3
Осот рожевий	3	0,1	96,7	1,7	0,1	94,1	2,6	0,1	96,2
Інші види	1,7	0,3	82,4	4,8	0,7	85,4	3,4	0,7	79,4
Бур'яни, усього	86,3	28,3	67,2	93,2	16,4	82,4	93,2	11,2	88,0
НР _{0,05}	0,3	0,1	—	0,3	0,1	—	0,3	0,1	—

Найстійкішими до дії названого гербіциду були сходи проса півнячого – 60,4 %, мишію сизого – 63,4, споришу звичайного (*Polygonum aviculare* L.) – 72,9 та лободи білої – 85,5 %.

Рослини міскантусу гігантського, що розпочали в цей період активну вегетацію, помітних ознак пригнічення унаслідок застосування гербіциду Банвел 4S 480 SL не виявляли.

Використання для захисту насаджень культури гербіциду Діален Супер 464 SL, в.р.к. (д.р. 2,4-Д + дикамба) (варіант 3) упродовж років проведення досліджень було позитивним. Середній рівень забур'янення ділянок перед проведенням обприскування препаратом був на рівні 93,5 шт./м², тоді як після – 22,7 шт./м², тобто ефективність захисних заходів становила 75,7 %. Найчутливішими до дії гербіциду Діален Супер 464 SL були сходи таких видів бур'янів: осот рожевий – 96,3 %, куколиця біла (*Melandrium album* (Mill.) Garke.) – 96,0, гірчак березкоподібний – 93,9, талабан польовий – 92,1 %.

Найстійкішими до дії гербіциду виявилися сходи: мишію сизого – 53,0 %, проса півнячого – 53,9, споришу звичайного – 69,8, гірчака почечуйного – 80,4, щиріці загнутої (звичайної) – 83,0 та підмаренника чіпкого – 83,3 %.

Ознак пригнічення рослин культури внаслідок застосування гербіциду Діален Супер 464 SL у роки проведення досліджень зафіксовано не було.

Застосування для захисту насаджень від бур'янів на ділянках варіанту 4 гербіциду МайсТер Пауер OD (д.р. форамсульфурон + йодсульфурон-метил натрію + тіенкарбазон-метил + ципросульфамід) в усі роки проведення досліджень забезпечувало високий рівень контролювання сходів небажаної рослинності. Чисельність сходів бур'янів становила в середньому 95,1 шт./м². Після проведення обприскувань насаджень рівень відмирання сходів бур'янів досягав 95,0 %. Більшість видів бур'янів, присутні в насадженнях культури, були достатньо чутливі до його дії. Так, загибель сходів лободи білої досягала 95,2 %, щиріці загнутої – 97,6, проса півнячого – 98,0, мишію сизого – 95,9, гірчака березкоподібного – 97,3, талабану польового – 97,0, фіалки польової – 98,4, рутки лікарської – 97,4, куколиці білої – 96,6, осоту жовтого – 95,7 %.

Візуально помітного негативного впливу на молоді рослини культури гербіцид МайсТер Пауер OD за обприскувань насаджень не проявляв.

На ділянках варіанту 5 насаджень міскантусу гігантського кількість сходів бур'янів перед проведенням обприскування становила в середньому 86,3 шт./м². Для захисту молодих насаджень культури тут використано гербіцид Пріма, с.е. (д.р. 2-етилгексиловий ефір 2,4-Д + флорасулам).

Хімічна дія цього препарату переважно спрямована на контролювання сходів дводольних видів бур'янів. Зокрема, у результаті обприскування ним насаджень відмирало 90,5 % сходів гірчиці польової, рутки лікарської – 92,3, фіалки польової – 92,5, осоту жовтого – 92,9, гірчака березковидного – 96,0, осоту рожевого – 96,7 %. Водночас, сходи таких масових у структурі забур'яненості видів як просо півняче та мишій сизий унаслідок дії гербіциду Пріма відмирали лише на 22,7 та 15,5 % відповідно. Загальний рівень зниження чисельності сходів бур'янів від використання цього препарату становив 67,2 %.

Гербіцид Тітус 25, в.р.г. (д.р. римсульфурон) (варіант 6) за обприскування насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації для захисту від бур'янів проявив себе надійним препаратом із широким спектром захисної дії на сходи як дводольних, так і злакових видів бур'янів. Загальний рівень зниження чисельності сходів бур'янів у насадженнях культури становив за роки проведення досліджень 82,4 %.

Найчутливішими до захисної дії гербіциду Тітус 25 були сходи проса півнячого – 85,9 %, гірчака почечуйного – 86,0, мишію сизого – 87,5, гірчака березкоподібного – 90,9, осоту жовтого – 93,8, осоту рожевого – 94,1, рутки лікарської – 96,7, фіалки польової – 98,0 %.

Препарат демонстрував високий рівень селективності до молодих рослин міскантусу гігантського в усі роки проведення досліджень. Ознак пригнічення процесів росту й розвитку в рослин культури помічено не було.

Здійснення заходів захисту насаджень міскантусу першого року вегетації від бур'янів за допомогою застосування гербіциду Мілагро 040 SC, к.с. (д.р. нікосульфурон) протягом років проведення досліджень було ефективним. Середня чисельність сходів бур'янів у насадженнях культури на час проведення обприскувань становила 93,2 шт./м². Обліки після внесення гербіциду зафіксували наявність у середньому 11,2 шт./м² бур'янів, тобто рівень ефективності його захисної дії був у середньому 88,0 %.

Найвищу чутливість до дії гербіциду Мілагро 040 SC проявляли сходи талабану польового – 97,5 %, куколиці білої – 97,4, фіалки польової – 97,3,

гірчака березкоподібного – 97,1, осоту рожевого – 96,2 %. Поведені спостереження засвідчили, що цей гербіцид не чинив помітного негативного впливу на молоді рослини міскантусу гігантського.

Застосування гербіцидів, які проникають у тканини молодих рослин бур'янів через наземні частини – листки й стебла, має комплексний вплив на ювенільні рослини. Індукований діючими речовинами хімічний дис-стрес порушує обмінні процеси, блокує життєво важливі функції в клітинах, подальша депресія призводить до повного відмирання. Проте частина сходів бур'янів все таки долає хімічні дис-стреси і продовжує вегетацію.

Процеси забур'янення насаджень міскантусу гігантського розтягнуті в часі і тому завжди є проблема з вибором строків застосування гербіцидів. Обприскування рослин у фазі сім'ядоль – двох листків забезпечує найвищий рівень біологічної активності всіх посходових гербіцидів. Проте орієнтуватися лише на час появи перших сходів не завжди доцільно. Значна частина сходів бур'янів з'являється на поверхні ґрунту після проведення обприскувань гербіцидами. Такі сходи уникають хімічного впливу і успішно вегетують у насадженнях культури до осені.

Перенесення часу проведення обприскувань на пізніші строки, коли більшість бур'янів уже матиме сходи, теж не є раціональним. Адже ті з них, що першими вийшли на поверхню ґрунту до часу здійснення обприскування насаджень встигають сформувати 6–8 листків і набувають значної фазової резистентності до дії препаратів. Зазвичай, такі бур'яни виживають після дії гербіцидів.

У насадженнях міскантусу гігантського тривалий період наявні вільні екологічні ніші, які заповнюють пізні сходи бур'янів. Усі вони в процесі своєї вегетації формують наземну масу. Листки і стебла таких рослин поступово формують проективне покриття в насадженнях, поки повністю не заповнюють вільний простір.

Відсутність заходів захисту від бур'янів у насадженнях культури призводить до їх вільного росту й розвитку. До другої декади серпня (період

У структурі маси бур'янів на насадженнях міскантусу гігантського найбільшу частку за роки проведення досліджень мали рослини видів із ботанічної родини Тонконогові [Роасеае, або Злакові (Gramineae)] – 531 г/м², або 21,6 % від загальної маси бур'янів. Представники ботанічної родини Лободові (Chenopodiaceae) формували 436 г/м² маси, або 17,7 %, родини Амарантові (Amaranthaceae) – 423 г/м², або 17,2 %, родини Пасльонові (Solanaceae) – 364 г/м², або 14,8 %, родини Гірчаків, або Гречкові (Polygonaceae) накопичували 265 г/м², або 10,8 %. Рослини з інших ботанічних родин формували менші частки маси бур'янів.

Застосування посходових гербіцидів у насадженнях міскантусу гігантського першого року вегетації стримувало процеси формування рослинами бур'янів своєї маси.

За використання в насадженнях культури гербіциду Банвел 4S 480 SL (варіант 2) величина маси бур'янів становила 475 г/м², або була меншою порівняно з показником на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1) у 5,2 рази. Максимальну вегетативну масу формували такі види, як просо півняче та мишій сизий – 127 та 100 г/м² відповідно.

Здійснення захисту насаджень культури від бур'янів за допомогою гербіциду Діален Супер 464 SL (варіант 3) обмежувало можливості формування маси на рівні 610 г/м², або в 4,0 рази порівняно з показниками варіанту 1.

Застосування для контролювання бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського гербіциду МайсТер Пауер OD (варіант 4) у роки проведення досліджень було найефективнішим серед усіх гербіцидних варіантів досліду. Маса бур'янів на ділянках внесення препарату становила в середньому 166 г/м², або була меншою порівняно з ділянками забур'яненого контролю (варіант 1) у 14,8 рази. Такі бур'яни як просо півняче та мишій сизий формували лише 21 та 17 г/м² вегетативної маси відповідно.

Захист насаджень культури першого року вегетації від бур'янів за допомогою обприскування сходів гербіцидом Пріма, с.е. знижував здатність бур'янів формувати свою масу у 2,8 раза (маса бур'янів становила 872 г/м²).

Використання для захисту насаджень міскантусу гігантського від бур'янів гербіциду Тітус 25, в.г. обмежувало можливості рослин бур'янів накопичувати біомасу на рівні 457 г/м², тобто вона була в 5,4 раза меншою, ніж на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1).

Обприскування насаджень культури гербіцидом Мілагро 040 SC, к.с. також істотно обмежувало здатність бур'янів формувати значну вегетативну масу. У середньому за роки досліджень величина маси бур'янів на ділянках варіанту 7 була 284 г/м², тобто у 8,6 раза менше, ніж у насадженнях без заходів захисту (варіант 1).

Застосування гербіцидів по сходах бур'янів впливало і на генеративні функції їхніх рослин, передусім на рівень насіннєвої продуктивності.

Умови вегетації рослин бур'янів у насадженнях міскантусу гігантського на ділянках, де заходів захисту не проводили, були найближчими до оптимальних, тому рівень їх насіннєвої продуктивності правомірно вважати за своєрідний еталон або здатність формувати насіння на 100 %.

Серед видів бур'янів, які в роки проведення досліджень були присутні в насадженнях культури, найвищий рівень насіннєвої продуктивності зафіксовано в рослин щиріці загнутої (звичайної) – у середньому 112,2 тис. насінин на рослину. Близькі показники мали й рослини лободи білої – 80,6 тис. шт./рослину. Рослини пасльону чорного формували в середньому 24,3 тис., осоту жовтого – 22,6 тис. шт./рослину. Гірчиця польова була здатна утворити на одній рослині 15,1 тис. насінин.

Інші види бур'янів, що були присутні в насадженнях міскантусу гігантського, характеризувалися істотно меншими показниками насіннєвої продуктивності. Однак найменші з них були в підмаренника чіпкого та споришу звичайного – на рівні 0,8 тис. шт./рослину, у мишію сизого – 4,4 тис. та в талабану польового – 1,4 тис. шт./рослину.

**Насіннєва продуктивність рослин бур'янів у насадженнях міскантусу
гігантського першого року вегетації залежно від застосування посходових
гербіцидів, середнє за 2012–2016 рр., тис. шт./рослину**

Вид бур'яну	Варіант дослідю												
	1	2		3		4		5		6		7	
	насіння, тис. шт.	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %	насіння, тис. шт.	зниження до контролю, %
Лобода біла	80,6	63,6	21,1	70,9	12,0	61,3	23,9	72,5	10,0	68,5	15,0	63,7	21,0
Щириця звичайна	112,2	97,6	13,0	103,2	8,0	93,1	17,0	104,5	6,9	102,1	9,0	107,7	4,0
Просо півняче	3,8	3,4	10,5	3,5	7,9	3,3	13,2	3,6	5,3	3,5	7,9	3,2	15,8
Мишій сизий	4,4	3,9	11,4	4,0	9,1	3,7	15,9	4,1	6,8	3,9	11,4	3,8	13,6
Гірчак березковидний	5,6	4,7	16,1	4,8	14,3	4,5	19,6	5,0	10,7	4,8	14,3	4,7	16,1
Гірчак почечуйний	7,5	6,5	13,3	6,6	12,0	6,3	16,0	6,8	9,3	6,6	12,0	6,3	16,0
Талабан польовий	1,4	1,2	14,3	1,2	14,3	1,1	21,4	1,3	7,1	1,2	14,3	1,1	21,4
Фіалка польова	13,2	1,0	92,7	0,7	94,5	0,2	98,2	1,0	92,7	0,2	98,2	0,2	98,2
Рутка лікарська	7,8	1,1	86,5	0,8	90,4	0,2	98,1	0,3	96,2	0,2	98,1	0,3	96,2
Підмаренник чіпкий	0,8	0,6	25,0	0,7	12,5	0,6	25,0	0,7	12,5	0,7	12,5	0,6	25,0
Гірчиця польова	15,1	13,4	11,3	13,7	9,3	13,1	13,2	13,9	7,9	13,7	9,3	13,4	11,3
Паслін чорний	24,3	20,8	14,4	21,1	13,2	20,2	16,9	21,3	12,3	20,6	15,2	20,4	16,0
Спориш звичайний	0,8	0,3	69,0	0,3	61,9	0,3	69,0	0,2	81,0	0,4	47,6	0,4	50,0
Куколиця біла	68,2	4,3	93,8	1,4	97,9	1,4	97,9	9,9	85,4	8,5	87,5	1,4	97,9
Осот жовтий	22,6	21,4	5,3	21,5	4,9	21,2	6,2	21,9	3,1	22,1	2,2	21,5	4,9
Осот рожевий	20,1	18,8	6,5	18,5	8,0	18,6	7,5	19,2	4,5	18,9	6,0	19,1	5,0
Інші види	51,2	5,0	90,2	4,2	91,8	1,7	96,7	2,5	95,1	5,9	88,5	5,9	88,5
Бур'яни, усього	439,6	267,5	39,2	277,1	37,0	250,8	43,0	288,7	34,3	281,8	35,9	273,8	37,7
НІР _{0,05}	0,1	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—

Оскільки в структурі запасів насіння бур'янів в орному шарі ґрунту насіння видів лободи традиційно займає провідне місце, то доцільно розглянути вплив гербіцидів на рівень насіннєвої продуктивності саме на одному з видів цього роду – лободі білій (*Chenopodium album* L.), також на виді зі Ширицевих – щириці звичайній (*Amaranthus retroflexus* L.) (табл. 4.7).

Обприскування насаджень культури гербіцидом Банвел 4S 480 SL (варіант 2) знижувало здатність рослин бур'янів, що виживали, формувати насіння. Зокрема, у рослин лободи білої середня насіннєва продуктивність за роки проведення досліджень становила 63,6 тис. шт./рослину, що на 21,1 % менше від максимальної в досліді (варіант 1). На одній рослині щириці звичайної утворювалося 97,6 тис. насінин, що на 13,0 % менше показників контрольного варіанту (табл. 4.7).

Застосування в насадженнях міскантусу гігантського гербіциду Діален Супер 464 SL мало специфічний вплив на рослини лободи білої. Їхня насіннєва продуктивність була на рівні 70,9 тис. шт./рослину, або 88 % від максимально можливого рівня в досліді; у щириці звичайної – 103,2 тис. шт./рослину, що на 8,0 % менше контролю.

Вплив діючих речовин гербіциду МайсТер Пауер OD на рослини лободи білої був суттєво більшим за попередні препарати, тож зниження їхньої здатності формувати насіння було істотнішим. У середньому насіннєва продуктивність рослин цього виду на ділянках варіанту 4 досягала 61,3 тис. шт./га, що було на 23,9 % нижче від її рівня в насадженнях міскантусу гігантського варіанту 1, а в щириці звичайної – 93,1 тис. шт./рослину, або на 17,0 % нижче показників забур'яненого контролю.

Використання для захисту насаджень культури гербіциду Пріма впливало не лише на чисельність сходів бур'янів, а й на здатність рослин, що виживали, формувати своє насіння. Так, рослини лободи, що подолали індукований хімічний дис-стрес, продовжили свою вегетацію, утворили генеративні структури й насіння, проте його наслідки проявилися на рівні насіннєвої продуктивності таких рослин. У середньому рослини лободи білої на ділянках

насаджень варіанту 5 формували 72,5 тис. насінин. Це становило 90 % від показників їхньої максимальної біологічної продуктивності на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1). Водночас за таких умов рослини щириці звичайної утворювали 104,5 тис. насінин на рослину, що було на 6,9 % менше показників контролю.

Захист від бур'янів насаджень міскатусу гігантського першого року вегетації за допомогою гербіциду Тітус 25 забезпечував не лише успішне контролювання сходів небажаної рослинності, а й значною мірою впливав на здатність рослин, що вижили, формувати насіння. Лобода біла в насадженнях варіанту 6 за роки досліджень формували в середньому 68,5 тис. шт. насінин на рослину. Така кількість насіння становила 85 % від максимальної насіннєвої продуктивності, яка була в дослідях (варіант 1). А от рослини щириці звичайної утворювали 102,1 тис. насінини на рослину, що було на 9,0 % менше контролю.

Здійснення захисту насаджень культури гербіцидом Мілагро 040 SC, яким обприскували сходи рослин бур'янів, не лише забезпечувало успішне контролювання процесів забур'янення, а й впливало на здатність рослин диких видів, що виживали, формувати насіння. Насіннєва продуктивність лободи білої на ділянках варіанту 7 становила в середньому 63,7 тис. насінин на одну рослину. Такі показники насіннєвої продуктивності досягала 79 % рівня здатності рослин цього виду формувати насіння на ділянках, де гербіциди не застосовували (варіант 1). Водночас, у рослин щириці звичайної зниження рівня насіннєвої продуктивності після застосування гербіциду Мілагро 040 SC становило лише 4,0 % порівняно з контролем.

Рослини всіх видів бур'янів, що виживали після проведення обприскування насаджень міскатусу гігантського гербіцидами реагували на індуковані хімічні дис-стреси зміною рівня насіннєвої продуктивності.

Для порівняння: рослини мишію сизого на ділянках без застосування гербіцидів (варіант 1) у середньому формували 4,4 тис. шт./рослину зернівок (насінин). Найменше зниження рівня насіннєвої продуктивності було спостережено на ділянках із використанням гербіциду Діален Супер 464 SL –

4,0 тис шт./рослину [на 9,1 % нижче від рівня на ділянках контролю (варіант 1)] та на варіанті 5 – гербіцид Пріма – 4,1 тис шт./рослину (або на 6,8 % нижче контролю). Найбільше зниження рівня насіннєвої продуктивності мишію сизого зафіксовано на ділянках із використанням гербіциду МайсТер Пауер OD: на одній рослині кількість зернівок (насінин) була на рівні 3,7 тис. шт., що на 15,9 % нижче рівня показника забур'яненого контролю.

Бур'яни, як специфічна група рослин, що мають трав'янисту життєву форму і є одними з найбільш досконалих у світі ботаніки, тонко реагують на умови середовища в процесі онтогенезу. Особливо високу чутливість і пластичність проявляють такі рослини на ювенільному та іматурному етапах свого росту й розвитку. Саме на таких етапах онтогенезу на них діють гербіциди.

Рослини, що виживають після отриманих хімічних дис-стресів, поступово адаптуються і продовжують проходження етапів свого органогенезу, проте наслідки індукованих стресів залишаються до завершення їхньої вегетації.

У рослин не лише може змінюватися рівень насіннєвої продуктивності, який залежить від хімічної природи гербіцидів, норми їх внесення, етапів органогенезу на момент дії препаратів. Може змінюватися й саме насіння, особливо у видів, що здатні до проявів гетероспермії. Такий великий блок питань заслуговує на окремі глибокі фізіологічні і біохімічні дослідження, які ще чекають своїх дослідників і виходять за межі цієї наукової роботи.

Підсумковими характеристиками продуктивності будь-яких агробіоценозів є врожайність та якісні характеристики культурних рослин. Так, рослини міскантусу гігантського на ділянках насаджень варіанту 1, де заходів захисту від бур'янів не проводили, у процесі вегетації зазнавали негативного впливу сусідства бур'янів. Наявність гострої конкуренції за чинники життя впливала на процеси фотосинтезу і, відповідно, на здатність рослин культури нарощувати свою наземну масу.

Дані врожайності сухої біомаси міскантусу гігантського залежно від застосування посходових гербіцидів наведено в таблиці 4.8.

Урожайність сухої маси міскантусу гігантського та вихід біопалива і енергії залежно від застосування посходових гербіцидів, 2012–2016 рр., т/га

Рік	Варіант досліджу							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Урожайність, т/га	0,84	1,66	1,62	1,71	1,56	1,66	1,70	1,75
Вихід твердого біопалива, т/га	0,92	1,82	1,79	1,89	1,72	1,83	1,87	1,93
Вихід енергії, ГДж/га	15,6	30,9	30,3	31,9	29,2	31,0	31,6	32,6

Насадження міскантусу гігантського, що вегетували без проведення заходів захисту від бур'янів (забур'янений контроль) забезпечували збір 0,84 т/га сухої маси, тобто найменше серед варіантів досліджу.

У насадженнях міскантусу гігантського, де у фазі кушіння проведено обприскування гербіцидом Банвел 4S 480 у нормі витрати 0,8 л/га (варіант 2), було отримано 1,66 т/га сухої маси.

У насадженнях міскантусу гігантського, які обробляли гербіцидом Діален Супер 464 SL у нормі витрати 1,25 л/га (варіант 3), рослини формували врожай сухої маси на рівні 1,62 т/га.

Застосування в насадженнях міскантусу гігантського для контролювання забур'янення гербіциду МайсТер Пауер OD у нормі витрати 1,5 л/га (варіант 4) забезпечувало збір сухої маси культури на рівні 1,71 т/га.

На дослідних ділянках міскантусу гігантського, де у фазі кушіння проведено обприскування гербіцидом Пріма у нормі витрати 0,6 л/га (варіант 5), формувалося 1,56 т/га сухої біомаси.

У насадженнях міскантусу гігантського, які у фазі кушіння обприскували гербіцидом Тітус 25 + ПАР Тренд-90 у нормі витрати 50 г/га + 0,2 л/га (варіант 6) було зібрано 1,66 т/га біомаси міскантусу.

За обприскування насаджень міскантусу гігантського посходовим гербіцидом Мілагро 040 у нормі витрати 1,25 л/га (варіант 7) збір сухої біомаси становив 1,70 т/га.

Максимальну ж продуктивність і, відповідно, збір сухої біомаси міскантусу забезпечували насадження, що вегетували без негативного впливу бур'янів (проведено шість послідовних ручних прополювань) – 1,75 т/га.

Як свідчать результати досліджень, мінімальні показники виходу твердого біопалива міскантусу гігантського першого року життя були на забур'яненому контролі – 0,92 т/га, а от застосування для захисту насаджень від бур'янів посходових гербіцидів дало змогу збільшити збір біопалива до 1,72–1,89 т/га. Кращими були варіанти 4 та 7, що наближалися за своїми показниками до рівня чистого контролю – 1,93 т/га.

Варто відзначити, що отримані дані загалом перекликаються з результатами визначення чистої продуктивності насаджень міскантусу гігантського першого року життя, збору біомаси, сухої речовини. Так, максимальний вихід енергії – 32,6 ГДж/га був на чистому контролі, а от такі варіанти як варіант № 4 (МайсТер Пауер OD) та № 7 (Мілагро 040) забезпечували 31,9 та 31,6 ГДж/га енергії.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ВІД БУР'ЯНІВ НАСАДЖЕНЬ ВЕРБИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ

5.1. Розроблення систем хімічного очищення площ під закладання плантацій верби енергетичної

Вирощування верби енергетичної сьогодні практикують у багатьох країнах Західної і Північної Європи, передусім у регіонах із достатнім забезпеченням вологою. До теплового режиму рослини верби не мають високих вимог. Загалом рослини цієї культури відзначаються інтенсивністю процесів фотосинтезу, швидким ростом, невибагливістю до умов вирощування, достатньою довговічністю насаджень.

Проте в технології вирощування верби енергетичної є вузьке місце: закладання нових насаджень потребує застосування вегетативного розмноження таких рослин. Усі види верби мають високу здатність до вегетативного розмноження як прикореневими паростками, так і живцями. Останній спосіб є найзручнішим для закладання нових насаджень цієї культури.

Однак вегетативне розмноження висуває додаткові вимоги до технології вирощування. Так, оскільки втрачені частини рослин насаджень верби енергетичної першого року вегетації відновлюються досить повільно, то проблемним елементом є потреба забезпечення ефективного захисту від бур'янів.

Застосування традиційних для сучасного аграрного виробництва хімічних методів захисту посівів за допомогою гербіцидів має свої складнощі в насадженнях верби енергетичної. Серед великого різноманіття гербіцидів різних механізмів дії на дводольні види рослин, практично відсутні препарати, що проявляють селективність до рослин верби.

Тобто в молодих насадженнях верби енергетичної практично неможливо застосовувати по сходах гербіциди проти дводольних видів бур'янів. Ботанічна родина Вербові (Salicaceae) належить до класу Дводольні (Dicotyledonales) відділу Покритонасінні (Angiospermae). Тобто всі види верби є типовими дводольними рослинами і проявляють біохімічну чутливість до дії ксенобіотиків, якими є діючі речовини гербіцидів. Такі рослини у своєму біохімізмі не мають білків – ферментів, які могли б з'єднуватися з молекулами діючих речовин гербіцидів, формувати з ними комплекси, зв'язувати хімічну активність діючих речовин препаратів і тим самим виключати їхній руйнівний вплив на обмін речовин клітин рослин.

Як рослини мезофіти, що частково проявляють властивості гігрофітів (рослини верби легко витримують тривале затоплення, здатні успішно вегетувати за умов високого рівня ґрунтових вод і т. д.), рослини верби не пристосовані економити воду. Їхні листові пластинки не формують потужного шару захисних епікутикулярних восків, відповідно через них легко проникає велика кількість діючих речовин, що попадають на рослини під час обприскування гербіцидами. У рослин верби, крім відсутності біохімічних механізмів захисту від дії протидводольних гербіцидів, практично нема і механічного захисту (тобто захисту зовнішнього) від проникнення діючих речовин у тканини рослин. Найчутливішими до дії гербіцидів є молоді рослини культури – живці, і недавно вкорінені рослини перших років вегетації, тобто такі насадження, які найбільше потребують ефективного захисту від присутності бур'янів.

Тому розроблення системи хімічного захисту насаджень верби енергетичної першого року вегетації від бур'янів за допомогою застосування гербіцидів є не лише актуальним, а й досить складним.

У процесі розв'язання проблеми важливо було обрати правильну методологію розроблення системи захисту. Численні спроби підібрати гербіциди, що контролюють дводольні види бур'янів, успіху не досягли. Усі препарати виявили високий рівень фітонцидності до молодих рослин культури.

Верба енергетична традиційно вегетує в місцях, де ґрунти достатньо забезпечені вологою. Тобто для активної роботи гербіцидів ґрунтової дії є нормальні умови. Дослідження особливостей застосування для захисту насаджень верби енергетичної біологічного потенціалу багатьох гербіцидів ґрунтової дії завершилися так само безрезультатно. Молоді рослини культури виявилися дуже чутливими до токсичної дії гербіцидів, які проникають у тканини коренів і підземних стебел через ґрунт.

Проте вирішення питання досягнення селективності дії гербіцидів на рослини верби енергетичної за їх внесення в ґрунт розв'язує проблеми присутності бур'янів не повністю. Гербіциди ґрунтової дії достатньо ефективно контролюють сходи однорічних видів бур'янів – як одно-, так і дводольних.

На ділянках, що використовують під насадження енергетичних культур, зокрема й верби енергетичної, традиційно присутні різні види багаторічних бур'янів. На такі форми бур'янів гербіциди ґрунтової дії суттєво не впливають. Тобто контролювати їхню присутність у насадженнях культури за допомогою гербіцидів ґрунтової дії неможливо.

Багаторічні види трав'янистих рослин – бур'янів традиційно відзначаються високою стійкістю до чинників впливу. Такі рослини здатні багаторазово втрачати однорічні наземні частини і легко їх відновлювати завдяки наявності значних запасів пластичних речовин у багаторічних підземних частинах: коренях, кореневищах, бульбах і т. д. Наприклад, очерет південний, або звичайний (*Phragmites australis* Cav.), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.).

Водночас, рослини багаторічних видів бур'янів, навіть достатньо стійкі до агротехнічних і хімічних прийомів контролювання, не становлять значних проблем за дотримання всіх елементів технології вирощування. Так, за умови очищення площі від присутності таких видів, відомо, що як мінімум кілька років, вони не будуть становити гострих проблем для насаджень сільськогосподарських культур, зокрема й біоенергетичних.

На відміну від багаторічних видів, очистити площі від присутності однорічних видів бур'янів практично нереально через їхню здатність формувати дуже великі запаси свого насіння в орному шарі, яке, крім того, зберігає здатність до проростання протягом багатьох років і має різну стратегію свого початкового розвитку (наприклад, ефект гетероспермії у видів гірчаків, лободи та інших).

Згідно з розробленою новою методологією захисту насаджень верби енергетично першого року вегетації було заплановано досягати успіху не проведенням одного потужного захисного заходу, а застосуванням логічної і послідовної системи обприскувань гербіцидами, що мають різне призначення. Частина таких заходів була запланована і здійснена до висаджування живців верби на площі. Заходи захисту майбутніх насаджень верби енергетичної розпочинали як мінімум за рік до часу садіння її живців.

Першим заходом було визначення площі, на якій у наступному році заплановано висаджувати здерев'янілі живці культури. На таких площах проводили детальне гербологічне обстеження присутньої рослинності й визначали потребу в захисних заходах для очищення поля від присутності конкретних видів багаторічних бур'янів.

Такі роботи було розпочато ще у 2011 році, тобто за рік до початку системних досліджень за темою дисертаційної роботи.

Розміщення облікових ділянок у дослідках було рендомізованим, оскільки багаторічні види бур'янів не завжди вегетували компактно. Відповідно до видового складу бур'янів багаторічників планували варіанти схем застосування гербіцидів і норми їх внесення. Докладно методику і схему досліджень наведено в розділі 2.

На ділянках майбутніх насаджень верби енергетичної (у попередні роки) станом на другу декаду травня були присутні сходи таких видів бур'янів: пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould.) – 17,1 шт./м², або 14,7 %, пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare* L.) – 14,4, або 12,9, хвощ польовий (*Equisetum arvense* L.) – 10,3, або 9,2, очерет південний, або звичайний (*Phragmites australis* Cav.) – 10,3,

або 10,2, кропива дводомна (*Urtica dioica* L.) – 7,6 шт./м², або 6,8 %. На ділянках були присутні й сходи однорічних видів бур'янів. Серед них наймасовішими були сходи лободи білої – 12,4 шт./м² або 11,1 %, нетреби звичайної (*Xanthium strumarium* L.) – 6,2 шт./м² або 5,6 % та інші (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Ефективність застосування гербіцидів (перше внесення) для очищення площ від бур'янів під майбутні насадження верби, середнє за 2012–2016 рр.

Вид бур'яну	Варіант досліджу															
	1	2			3			4			5			6		
	кількість бур'янів, шт./м²	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %
Лобода біла	12,4	10,1	–	100	7,5	0	100	4,9	–	100	7,2	–	100	6,3	–	100
Нетреба звичайна	6,2	5,3	–	100	3,8	0,5	86,8	4,2	–	100	5,6	–	100	3,9	–	100
Пирій повзучий	17,1	14,2	0,4	97,2	16,4	18,2	–	15,6	2	87,2	18,7	1,5	92,0	16,1	9,1	43,5
Лопух великий	6,7	12,9	0,3	97,7	6,5	0,5	92,3	2,7	–	100,0	4,9	–	100,0	1,8	0,6	66,7
Хвощ польовий	10,3	13,1	2,4	81,7	8,8	1,9	78,4	7,9	3,4	57,0	4,6	1,5	67,4	9	4,8	46,7
Осот рожевий	6,8	3,7	0,1	97,3	5,1	1,3	74,5	6,2	–	100,0	4,5	–	100,0	3,9	1,3	66,7
Осот жовтий	5,6	5,1	0,3	94,1	4,9	0,9	81,6	6,6	–	100,0	5,3	–	100,0	6,1	2,6	57,4
Пижмо звичайне	14,4	11,6	1	91,4	14,3	2,3	83,9	13,2	0,5	96,2	15,8	1,6	89,9	11,9	6,1	48,7
Кропива дводомна	7,6	3,4	0,2	94,1	6,2	1,2	80,6	7,8	2,4	69,2	5,4	1,4	74,1	6,7	3,1	53,7
Очерет південний	10,3	9,8	1,6	83,7	11,2	7,1	36,6	7,6	1,9	75,0	13,4	4,6	65,7	12,7	7,3	42,5
Інші види	18,9	16,3	1,1	93,3	19,8	2,8	85,9	15,7	3,6	77,1	16,9	3	82,2	18,6	5,4	71,0
Бур'яни, усього	116,3	105,5	7,4	93,0	104,5	36,7	64,9	92,4	13,8	85,1	102,3	13,6	86,7	97	40,3	58,5
НІР _{0,05}	0,3	0,3	0,01	–	0,3	0,01	–	0,3	0,01	–	0,3	0,01	–	0,3	0,01	–

На час проведення обприскувань гербіцидами рослини багаторічники мали такі фази розвитку: пирій повзучий – кущіння, пижмо звичайне – кущіння, хвощ польовий – формування вегетативних зелених пагонів, очерет південний – пагони й листки (висота 35–40 см), кропива дводомна – пагони з листками (висота 24–28 см).

На ділянках контролю (без заходів захисту від бур'янів) на час проведення обліків (друга декада травня) загальна кількість сходів бур'янів (багаторічні і однорічні види) становила в середньому 116,3 шт./м².

Проведення обприскувань гербіцидами передусім передбачало ефективне контролювання багаторічних видів бур'янів, тому саме на них було зосереджено увагу в дослідях.

На ділянках варіанту 2 застосовували гербіцид суцільної дії Раундап Макс РК (д.р. гліфосату калійна сіль, 551 г/л). У результаті проведення таких обприскувань ефективність відмирання в рослин багаторічників у середньому за роки проведення досліджень становила: пирій повзучий – 97,2 %, лопух великий – 97,7, хвощ польовий – 81,7, очерет південний – 83,7, кропива дводомна – 94,1, осот рожевий – 97,3 % тощо. Загальне зниження чисельності сходів бур'янів було 93,0 %.

Застосування для очищення площ від багаторічних видів бур'янів гербіциду Діален Супер 464 SL (д.р. 2,4-Д, 344 г/л + дикамба, 120 г/л) (варіант 3) виявило свої особливості. Наявність двох діючих речовин (2,4-Д, 344 г/л + дикамба, 120 г/л) розширювало спектр дії препарату на сходи бур'янів, проте не забезпечувало активної токсичної дії на злакові види, зокрема й багаторічні.

Рослини пирію повзучого внаслідок дії гербіциду Діален Супер 464 SL не знижували своєї чисельності і не появляли ознак пошкодження ним. Рослини лопуха великого відмирали на 92,3 %, хвоща польового – на 78,4, осоту рожевого – на 74,5, пижма звичайного – на 83,9, кропиви дводомної – на 80,6 %. Загальне зниження чисельності всіх бур'янів на ділянках варіанту 3 становило 64,9 %.

Використання для контролювання сходів бур'янів бакової композиції Ланселот 450, ВГ (амінопіралід, 300 г/л + флорасулам, 150 г/л) + Раундап Макс РК (варіант 4) знижувало чисельність сходів пирію повзучого на 87,2 %, рослини лопуха великого відмирили повністю, хвоща польового – на 57,0 %, рослини видів осотів гинули повністю, сходи пижма звичайного – на 96,2, кропиви дводомної – на 69,2, очерету південного (звичайного) – на 75,0 %. Загальне зниження чисельності сходів бур'янів на ділянках варіанту 4 було 85,1 %.

Контролювання сходів бур'янів на площах під майбутні насадження верби енергетичної за проведення обприскувань баковою композицією гербіцидів Пріма, с.е. (д.р. 2-етилгексиловий ефір 2,4-Д, 452,42 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) + Раундап Макс РК (варіант 5) знижувало загальну чисельність дикої рослинності на 86,7 %. Зокрема відмирання сходів пирію повзучого було 92,0 %, хвоща польового – 67,4, пижма звичайного – 89,9, кропиви дводомної – 74,1 %, лопуха великого і видів осотів – повна загибель.

На ділянках варіанту 6 було застосовано агротехнічну схему контролювання сходів бур'янів (дві послідовні суцільні культивації). Зниження чисельності сходів бур'янів було різним.

Сходи лободи білої та нетреби звичайної гинули повністю. Зниження чисельності сходів рослин пирію повзучого було 43,5 %, лопуха великого – 66,7, хвоща польового – 46,7, осоту жовтого – 57,4, осоту рожевого – 66,7, пижма звичайного – 48,7, кропиви дводомної – 53,7, очерету південного – 42,5 %. Загальне зниження чисельності бур'янів на час проведення обліків становило в середньому 58,5 %. Це можна пояснити здатністю більшості видів багаторічних бур'янів легко регенерувати втрачені наземні частини рослин і продовжувати свою вегетацію.

Результати досліджень у 2012–2016 рр. доводять, що орні землі, на яких присутні багаторічні види бур'янів, дуже складно очистити проведенням одного, навіть потужного внесення гербіцидів. Заходи мають бути рознесені в часі, що не дає змоги рослинам бур'янів, що вижили і подолали індуковані

хімічні дис-стреси, продовжити свою вегетацію. Для стимулювання відростання таких багаторічників доцільним є проведення культивації або лущення площі на глибину 6–8 см. Нанесені механічні пошкодження підземних живих частин рослин активізують процеси відростання, що дає змогу об'єктивно оцінювати ситуацію і планувати подальші захисні заходи.

Майбутні насадження верби енергетичної традиційно розміщують на площах, що мають достатній рівень зволоження, тому процеси відростання після механічного обробітку відбуваються в липні – першій половині серпня. Гербіцидні обробки проводять за досягнення більшістю нових сходів багаторічних бур'янів відповідних для проведення повторного обприскування фаз розвитку: у рослин пирію повзучого – 3–6 листків, у рослин видів осотів – розеток, що мають 6–8 листків, у піжма звичайного – кущіння – початок формування нових пагонів (до 10 см висоти), у хвоща польового – нових вегетативних пагонів заввишки 15–17 см), у кропиви дводомної – нових пагонів заввишки 15–17 см. У роки проведення досліджень такі фази рослин багаторічників після процесів відростання наступали до другої декади серпня.

Повторно площі обприскували гербіцидами згідно зі схемою їх застосування в першій половині другої декади серпня. Наступні обліки рівня ефективності дії гербіцидів здійснювали на початку другої декади вересня.

Ефективність дії Раундап Макс, 55,1 % в.р. на сходи рослин багаторічників, які все ж продовжили вегетацію, була високою. Рослини пирію повзучого відмирили на 85,7 %, хвоща польового – на 96,8, піжма звичайного – на 94,1, кропиви дводомної – на 83,3, очерету південного – на 78,1 %. Сходи однорічних видів бур'янів відмирили повністю. Загальне зниження рівня забур'яненості ділянок становило 94,2 %, тобто присутність багаторічних видів бур'янів у середньому була на рівні 1,2 шт./м² (табл. 5.2).

Повторне обприскування площ робочою рідиною з гербіцидом Діален Супер 464 SL було менш ефективним, насамперед через обмеженість впливу цього препарату на багаторічні види злакових бур'янів.

**Ефективність застосування гербіцидів (друге внесення) для очищення
площ від багаторічних видів бур'янів під майбутні насадження верби,
середнє за 2012–2016 рр.**

Вид бур'яну	Варіант досліджу															
	1	2			3			4			5			6		
	кількість бур'янів, шт./м²	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %	до внесення, шт./м²	після внесення, шт./м²	загибель, %
Лобода біла	14,8	5,2	0	100,0	6,3	0	100,0	4,9	0	100,0	5,4	0	100,0	6,1	0	100,0
Нетреба звичайна	6,7	3,1	0	100,0	0,8	0,1	87,5	0,9	0	100,0	2,1	0	100,0	1,2	0	100,0
Пирій повзучий	19,6	0,7	0,1	85,7	18,6	18,6	0,0	3,8	0,3	92,1	2,3	0,1	95,7	11,4	4,3	62,3
Лопух великий	6,7	0,4	0	100,0	0,6	0,1	83,3	0	0	–	0	0	–	1,1	0,3	72,7
Хвощ польовий	10,7	3,1	0,1	96,8	2,2	0,6	72,7	4,3	1,6	62,8	2,8	0,7	75,0	5,6	1,7	69,6
Осот рожевий	7,3	0,3	0	100,0	1,5	0,2	86,7	0	0	–	0	0	–	1,3	0,4	69,2
Осот жовтий	6,1	0,5	0	100,0	1,3	0,2	84,6	0	0	–	0	0	–	2,9	1,1	62,1
Пижмо звичайне	15,4	1,7	0,1	94,1	3,4	0,1	97,1	1,1	0	100,0	3,2	0,1	96,9	7,8	3,5	55,1
Кропива дводомна	8	0,6	0,1	83,3	1,7	0,1	94,1	2,9	0,1	96,6	2,6	0,4	84,6	3,7	1,4	62,2
Очерет південний	12,5	3,2	0,7	78,1	8,6	6,5	24,4	2,7	0,6	77,8	5,7	0,3	94,7	8,5	3,7	56,5
Інші види	21,6	1,9	0,1	94,7	3,4	0,9	73,5	3,7	0,7	81,1	3,9	0,5	87,2	6,9	1,8	73,9
Бур'яни, усього	129,4	20,7	1,2	94,2	48,4	27,4	43,4	24,3	3,3	86,4	28	2,1	92,5	56,5	18,2	67,8
НІР _{0,05}	0,3	0,3	0,02	–	0,3	0,02	–	0,3	0,02	–	0,3	0,02	–	0,3	0,02	–

Дводольні види багаторічних бур'янів істотно знижували свою присутність на площах, що були передбачені під насадження верби енергетичної. Рослини хвоща польового відмирили на 72,7 %, осоту рожевого – на 86,7, осоту жовтого – на 84,6, пижма звичайного – на 97,1, кропиви дводомної – на 94,1 %. Загальне зниження присутності рослин бур'янів становило 43,4 %, або 27,4 шт./м².

Застосування для повторного обприскування бакової гербіцидної композиції Ланцелот 450, ВГ + Раундап Макс РК забезпечувало рівень захисної дії, близький до показників попереднього варіанту. Сходи однорічних видів бур'янів відмирили повністю. Сходи пирію повзучого знижували свою присутність на 92,1 %, хвоща польового – на 62,8, кропиви дводомної – на 96,6, очерету південного – на 77,8 %. Загальне зниження чисельності сходів багаторічних видів бур'янів становило в середньому 86,4 %.

Використання для повторного обприскування полів бакової композиції з гербіцидів Пріма, с.е. + Раундап Макс РК було достатньо ефективним. Присутність сходів пирію повзучого зменшувалася на 95,7 %, хвоща польового – на 75,0, пижма звичайного – на 96,9, кропиви дводомної – на 84,6, очерету південного – на 94,7 %.

Виконання трьох послідовних механічних знищень багаторічних бур'янів (суцільна культивування на глибину 8–10 см) виявилось недостатньо ефективним. Рослини багаторічних видів швидко відростали і продовжували свою вегетацію.

У результаті проведення двох послідовних обприскувань чисельність багаторічних видів бур'янів на площах під майбутні насадження живців верби енергетичної скоротилася до 2,1 шт./м². Проведення двох послідовних обприскувань площі гербіцидами забезпечувало надійне контролювання багаторічних видів бур'янів і їхню мінімальну присутність на наступний вегетаційний період у насадженнях верби енергетичної першого року життя.

Застосування механічних прийомів контролювання багаторічних видів бур'янів (варіант 6) не забезпечувало високого рівня зниження їх присутності на ділянках. Якщо сходи однорічних видів бур'янів унаслідок проведення послідовних культивувань гинули повністю, то зрізані сходи багаторічників швидко були замінені новими з багаторічних підземних органів таких рослин. Легко відростали рослини пирію повзучого, хвоща польового, пижмо звичайного, кропиви дводомної, очерету південного. Тобто досягти потрібного рівня очищення площ від присутності багаторічних видів бур'янів за допомогою проведення послідовних культивувань не вдалося. Навіть за

відсутності однорічних видів бур'янів на площах залишалося в середньому 18,2 шт./м² рослин багаторічних видів. Такої кількості достатньо, щоб проявляти відчутний негативний вплив на молоді рослини культури в наступному вегетаційному періоді.

Ефективність очищення площ під закладання плантацій верби енергетичної можна перевірити лише заклавши їх і провівши відповідні обліки та спостереження за ростом і розвитком рослин агроценозу. Так, вплив систем хімічного очищення площ на чисельність бур'янів (шт.) у насадженнях верби енергетичної на наступний рік наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

**Чисельність бур'янів у насадженнях верби енергетичної
залежно від систем хімічного очищення площ під закладання плантацій,
середнє за 2013–2017 рр., шт./м²**

Вид бур'яну	Варіант досліджу					
	1	2	3	4	5	6
Лобода біла	15,9	7,3	8,0	7,1	7,7	8,5
Нетреба звичайна	7,4	4,0	1,7	1,6	3,3	2,0
Пирій повзучий	20,1	1,4	20,0	4,2	2,5	12,6
Лопух великий	7,2	0,6	1,2	—	—	1,6
Хвощ польовий	11,3	3,5	3,5	5,3	3,3	5,9
Осот рожевий	7,5	0,5	2,3	—	—	1,5
Осот жовтий	7,0	0,9	1,8	—	—	3,1
Пижмо звичайне	15,9	2,1	3,9	1,7	3,7	8,2
Кропива дводомна	8,5	0,8	2,4	3,2	2,9	4,0
Очерет південний	13,5	3,7	9,8	3,1	6,2	8,9
Інші види	23,4	2,3	5,0	4,0	4,5	7,2
Бур'яни, усього	137,7	27,1	59,6	30,2	34,1	63,5
НІР _{0,05}	0,13					

Спостереження за станом рослин агроценозу та їх кількістю проводили в період максимального накопичення бур'янів на поверхні поля та відповідно

їхньої вегетативної маси, тобто станом на 10.07. Адже, як свідчать результати проведених досліджень, на цю облікову дату рослини бур'янів переважно формують максимальні показники як кількості, так і вегетативної маси. Тоді як надалі ці показники зменшуються за рахунок закінчення вегетації деякими видами та опадання листя й насіння.

Як свідчать проведені дослідження, на ділянках, де заходів контролювання сходів багаторічних бур'янів для очищення наступних насаджень верби енергетичної не здійснювали, загальна кількість бур'янів була 137,7 шт./м², а от найчисельнішими були такі види: пирій повзучий – 20,1 шт./м², лобода біла – 15,9, пижмо звичайне – 15,9, очерет південний – 13,5, хвощ польовий – 11,3 шт./м².

На ділянках, де в попередній рік проводили обприскування гербіцидом Раундап Макс у нормі витрати 6 л/га, загальна кількість бур'янів була 27,1 шт./м², а найчисельнішими були такі види: лобода біла – 7,3 шт./м², нетреба звичайна – 4,0, очерет південний – 3,7, хвощ польовий – 3,5 шт./м².

На ділянках, де застосовували гербіцид Діален Супер 464, бур'янів було дещо більше порівняно з попереднім варіантом – 59,6 шт./м². Максимум присутності деяких видів був за умови наявності їх резистентності або ж значних запасів насіння в ґрунті, достатніх для відновлення чисельності.

На ділянках, де до висаджування верби енергетичної проводили обприскування гербіцидом Ланцелот 450, в.р.г. + Раундап Макс у нормі витрати (20 г/га + 3,0 л/га) максимальна чисельність рослин була в лободи білої – 7,1 шт./м², а загальна кількість бур'янів становила 30,2 шт./м².

За умови застосування гербіциду Пріма, с.е. + Раундап Макс, в.р.к. у нормі витрати (0,4 л/га + 3,0 л/га) були отримані аналогічні закономірності, притаманні попередньому варіанту дослідів.

Механічне контролювання сходів багаторічних видів бур'янів (три послідовні суцільні культивації на глибину 8–10 см з інтервалом 20 діб) не змогло забезпечити повного виснаження цих видів і попри те, що загальна чисельність бур'янів була 63,5 шт./м² переважали такі види, як: пирій повзучий

– 12,6 шт./м², очерет південний – 8,9, лобода біла – 8,5, пижмо звичайне – 8,2 шт./м².

Дані щодо впливу хімічного очищення площ під закладання плантацій верби енергетичної на вегетативну масу бур'янів наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

**Вегетативна маса рослин агрофітоценозу
залежно від систем хімічного очищення площ під закладання плантацій
верби енергетичної, середнє за 2013–2017 рр., г/м²**

Вид рослин	Варіант досліджу					
	1	2	3	4	5	6
Верба енергетична	126,0	270,0	246,0	262,2	261,0	244,4
Лобода біла	259,2	87,6	104,0	85,2	92,4	110,5
Нетреба звичайна	115,4	58,4	26,5	23,4	48,2	31,2
Пирій повзучий	225,1	12,2	194,0	36,5	21,8	122,2
Лопух великий	432,0	34,2	69,6	0,0	0,0	92,8
Хвощ польовий	88,1	24,5	28,0	37,1	23,1	47,2
Осот рожевий	253,5	14,0	66,7	0,0	0,0	43,5
Осот жовтий	395,5	15,3	32,4	0,0	0,0	55,8
Пижмо звичайне	858,6	111,3	210,6	90,1	196,1	442,8
Кропива дводомна	147,1	11,4	36,5	45,4	41,2	60,8
Очерет південний	488,7	135,8	369,5	113,8	227,5	335,5
Інші види	311,2	29,2	68,5	50,8	57,2	98,6
Бур'яни, усього	3574,4	533,8	1206,3	482,3	707,4	1441,0
НІР _{0,05}	2,3					

Закономірності накопичення вегетативної маси бур'янів на контрольному варіанті, де заходів впливу на рослинність минулого року не проводили, загалом не відрізнялися від забур'янених контролів аналогічних варіантів інших наших дослідів. Так, загалом рослини бур'янів накопичували 3574,4 г/м², а

максимальні показники були в таких видів: пижмо звичайне – 858,6 г/м², очерет південний – 488,7, лопух великий – 432,0 г/м².

На дослідних ділянках, де в минулий рік використовували системи хімічного очищення площі від бур'янів, їхня вегетативна маса була значно меншою порівняно з контрольним варіантом – на 66,3–86,5 %.

Так, на ділянках варіанту 2, де проводили обприскування гербіцидом Раундап Макс, в.р.к., вегетативна маса сумарна бур'янів була в 1,98 раза більшою, ніж рослин верби енергетичної. Аналогічні показники по співвідношенню маси бур'янів до культурних рослин верби енергетичної були на варіанті 4, де проводили обприскування гербіцидом Ланцелот 450, в.р.г. + Раундап Макс, в.р.к.

На ділянках варіанту 3, де проводили обприскування гербіцидом Діален Супер 464, в.р.к., сумарна біомаса бур'янів становила 1206,3 г/м², а от серед видів максимальну біомасу накопичували: очерет південний – 369,5 г/м², пижмо звичайне – 210,6 г/м², пирій повзучий – 194,0 г/м².

Подібні співвідношення в масі бур'янів було отримано на ділянках варіанту 5, де проводили обприскування гербіцидом Пріма, с.е. + Раундап Макс, в.р.к. у нормі витрати (0,4 л/га + 3,0 л/га). Загальна біомаса бур'янів була на рівні 707,4 г/м², а її максимум серед видів відзначено в очерету південного та пижма звичайного – 227,5 і 196,1 г/м² відповідно.

Механічне контролювання сходів багаторічних видів бур'янів (три послідовні суцільні культивації на глибину 8–10 см з інтервалом 20 діб) були менш ефективними порівняно із системами застосування гербіцидів – загальна кількість бур'янів була меншою всього у 2,5 раза.

Ефективність застосування тих чи інших систем хімічного захисту під закладання плантацій верби енергетичної на її продуктивність та вихід біопалива й енергії наведено в таблиці 5.5.

Дослідження засвідчили, що на ділянках варіанту 1, де застосування заходів контролювання сходів багаторічних бур'янів не проводили, висота рослин була мінімальною – 73 см, а врожайність сухої маси становила 1,11 т/га.

**Урожайність сухої біомаси, вихід біопалива та енергії
залежно від систем хімічного очищення площ під закладання плантацій
верби енергетичної, середнє за 2013–2017 рр.**

Варіант	Довжина пагонів, см	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
1	73	1,11	1,24	22,87
2	120	2,43	2,70	49,95
3	107	2,17	2,39	44,29
4	118	2,36	2,60	48,14
5	117	2,35	2,59	48,01
6	105	2,16	2,40	44,36
НІР _{0,05}	9	0,11	0,12	2,3

На ділянках варіанту 2, де проводили обприскування гербіцидом Раундап Макс, в.р.к. у нормі витрати 6 л/га, урожайність сухої біомаси була 2,43 т/га, тобто максимальною в досліді, відповідно й вихід твердого біопалива та енергії теж були найбільшими.

На ділянках досліді, де проводили обприскування гербіцидом Діален Супер 464, в.р.к. у нормі витрати 1,25 л/га, урожайність становила 2,17 т/га, вихід твердого біопалива – 2,39 т/га, енергії – 44,29 ГДж/га.

На ділянках, де проводили заходи з обприскування гербіцидом Ланцелот 450, в.р.г. + Раундап Макс, в.р.к. у нормі витрати 20 г/га + 3,0 л/га, урожайність верби енергетичної першого року життя становила 2,36 т/га, тобто достовірно не відрізнялася від даних варіанту 2. Те саме стосується й виходу твердого біопалива та енергії з одиниці площі.

На ділянках варіанту 5, де проводили обприскування гербіцидом Пріма, с.е. + Раундап Макс, в.р.к. у нормі витрати 0,4 л/га + 3,0 л/га, збір біопалива з рослин верби енергетичної був 2,59 т/га, а от застосування механічного контролювання сходів багаторічних видів бур'янів дало змогу отримати лише 2,40 т/га за енергетичного еквіваленту 44,36 ГДж/га.

5.2. Ефективність хімічних прийомів контролювання бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації

Хімічні прийоми контролювання чисельності бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації бажані в плані інтенсифікації її вирощування та уникнення значних затрат по догляду за посівами. Однак, через те, що молоді рослини надзвичайно чутливі до токсичної дії гербіцидів, дослідження цих питань дасть змогу вирішити проблему присутності бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації.

Згідно зі схемою досліду восени проводили основний обробіток ґрунту (оранка на глибину 23–25 см), а навесні культивуацію на глибину 8–10 см. Після проведення таких агротехнічних операцій площа була без реальної присутності багаторічних видів бур'янів і готова до садіння здерев'янілих живців верби енергетичної. Залишалася проблема захисту молодих насаджень від негативного впливу бур'янів-однорічників, контролювання яких потрібно було забезпечити гербіцидами ґрунтової дії.

Як уже зазначалося, пошуки гербіцидів, що контролюють дводольні види бур'янів і проявляють селективність до молодих рослин верби не мали позитивних результатів. Пошуки розв'язання цієї проблеми привели до конструктивного рішення: за відсутності біохімічного захисту в тканинах рослин культури, створити морфологічний (зовнішній) захист молодих рослин верби енергетичної від дії гербіцидів. Такий захист можливо створити через ізолювання нижньої частини живців від контакту з верхнім шаром ґрунту з гербіцидом.

Живці верби перед висаджуванням у ґрунт ізолювали від контактів із верхнім шаром ґрунту, у який попередньо був внесений гербіцид (докладно систему захисту живців культури приведено в патентній заявці) і в такому стані висаджували на площу, де попередньо (за чотири дні) було внесено ґрунтові гербіциди. У верхньому шарі ґрунту застосовані гербіциди діяли на проростки

рослин однорічних бур'янів. Їхній вплив на молоді рослини культури був зведений до мінімальної величини або був відсутній повністю.

У роки досліджень перед садінням здерев'янілих живців верби енергетичної площі обприскували гербіцидами ґрунтової дії згідно зі схемою досліду, яку докладно наведено в розділі 2 цієї роботи.

Результати дослідження ефективності захисної дії гербіцидів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації наведено в таблиці 5.6.

На ділянках контролю, де заходів захисту від бур'янів не проводили, на час проведення обліків (10.05) були присутні сходи однорічних видів. Серед них наймасовішими були: просо півняче – 21,4 шт./м², або 20,7 %, мишій сизий – 13,5, або 13,0, гірчак шорсткий – 11,5, або 11,1, лобода біла – 10,8, або 10,4, лобода гібридна – 7,4, або 7,1, гірчак березкоподібний – 7,3 шт./м², або 7,0 % та деякі інші.

Середня кількість сходів бур'янів за роки проведення досліджень у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації була 103,5 шт./м².

На ділянках варіанту 2 вносили ґрунтовий гербіцид Стомп, 33 % к.е. (д.р. пендиметалін, 330 г/л) у нормі 5 л/га. Його діюча речовина добре адсорбується частками ґрунту і не транслюється в нижні шари навіть із вологою опадів. Тобто розміщений біля поверхні ґрунту захисний екран діючої речовини препарату контролював проростки однорічних видів бур'янів. Одночасно він не мав контакту з придатковими коренями, які формували рослини верби енергетичної після їх садіння. Корені формувалися на глибині від 7 до 15 см і згідно з позитивним геотропізмом напрямом їх росту був спрямований униз.

Наявний у верхньому шарі ґрунту (0–3 см) гербіцид не контактував із рослиною через наявність на її стеблі ізолювального матеріалу, який не пропускає діючої речовини до живих тканин.

У результаті захисної дії ґрунтового гербіциду Стомп 330, к.е. загальне зниження кількості сходів однорічних бур'янів становило 79,3 %, зокрема за деякими видами: просо півняче – 63,6 %, мишій сизий – 69,6, гірчиця польова – 88,1, гірчак шорсткий – 98,3, лобода гібридна – 94,6 % тощо.

**Ефективність захисної дії гербіцидів у насадженнях верби енергетичної
першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.**

Вид бур'яну	Варіант досліджу									
	1	2		3		4			5	
	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	зниження до контролю, %	після внесення, шт./м ²	зниження до контролю, %	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	зниження до контролю, %	після внесення, шт./м ²	зниження до контролю, %
Просо півняче	21,4	7,8	63,6	7,9	63,1	18,5	0,3	98,4	3,4	84,1
Мишій сизий	13,5	4,1	69,6	9,2	31,9	15,6	0,2	98,7	2,5	81,5
Лобода біла	10,8	–	–	–	–	9,4	9,6	–	1,4	87,0
Лобода гібридна	7,4	0,4	94,6	0,9	87,8	6,2	6,4	–	1,3	82,4
Гірчиця польова	5,9	0,7	88,1	0,6	89,8	3,8	3,8	–	1,1	81,4
Талабан польовий	4,6	0,4	91,3	0,3	93,5	5,1	5,1	–	1,8	60,9
Гірчак шорсткий	11,5	0,2	98,3	1,4	87,8	8,6	8,7	–	1,4	87,8
Гірчак березкоподібний	7,3	0,5	93,2	0,4	94,5	5,8	5,8	–	1,1	84,9
Пирій повзучий	2,9	3,4	–	3,1	–	4,9	0,1	98,0	2,3	20,7
Інші види	18,2	3,9	78,6	2,8	84,6	16,3	16,3	–	0,8	95,6
Бур'яни, усього	103,5	21,4	79,3	26,6	74,3	94,2	56,3	40,2	17,1	83,5
НІР _{0,05}	0,2	0,2	–	0,2	–	0,2	0,2	–	0,2	–

Помітних ознак пригнічення процесів росту й розвитку молодих рослин верби енергетичної в разі їхнього вегетування в присутності у верхньому шарі ґрунту гербіциду Стомп 330, к.е. не було.

Використання для захисту майбутніх насаджень верби енергетичної від однорічних видів бур'янів гербіциду ґрунтової дії Зенкор 70, ВГ забезпечило отримання позитивних результатів. Діюча речовина препарату – метрибузин добре адсорбується частками ґрунту і навіть за надмірного зволоження не переміщується в глибші його шари.

Така властивість діючої речовини є особливо цінною для фіксації препарату у верхньому шарі ґрунту і формування необхідного гербіцидного екрану в шарі ґрунту завтовшки 0–3 см. Проростки рослин бур'янів, що рухаються до поверхні ґрунту, контактують із діючою речовиною, яка проникає у їхні тканини та порушує біохімічні процеси. Як наслідок більшість проростків гине не дійшовши поверхні ґрунту. Наявність шару ізолювальної речовини на стеблах молодих живців культури не допускає безпосереднього контакту препарату Зенкор 70, ВГ із живими тканинами верби енергетичної. Їхні придаткові корені розміщені достатньо глибоко в шарі ґрунту, де діюча речовина гербіциду відсутня. Відповідно рослини культури мають можливість для свого успішного росту й розвитку.

Загалом ефективність захисної дії ґрунтового гербіциду Зенкор 70, ВГ у насадженнях молодих рослин верби енергетичної з механічним захистом (селективністю) до дії препарату за роки проведення досліджень становила 74,3 %.

Такі масові види бур'янів як лобода біла та лобода гібридна знижували чисельність сходів на 87,8–100 %, гірчиця польова і гірчак шорсткий – на 87,8–89,8, гірчак березкоподібний і талабан польовий – на 93,5–94,5 %.

Обприскування згідно зі схемою дослідів молодих насаджень верби енергетичної грамініцидом Пантера, к.е. (варіант 4) забезпечило надійне контролювання сходів злакових бур'янів – проса півнячого, мишію сизого та пирію повзучого. Дію грамініцидів, що спеціалізовані на блокуванні ферментів, які властиві лише злаковим видам рослин, верба витримує.

У насадженнях верби енергетичної, де проводили механічне контролювання сходів бур'янів у міжряддях за допомогою трьох послідовних

культивуацій на глибину 8–10 см з інтервалом 20 діб, загальна чисельність бур'янів була 17,1 шт./м². А от максимальні показники зниження кількості сходів були в таких видів, як: гірчак шорсткий – 87,8 %, лобода біла – 87,0, гірчак березкоподібний – 84,9 та просо півняче – 84,1 %.

Застосування для захисту молодих насаджень верби енергетичної гербіцидів ґрунтової дії з можливістю використання грамініцидів у процесі вегетації дає змогу забезпечити успішні ріст і розвиток рослин культури протягом найскладнішого першого року їхнього життя.

Умови вегетації проявляли свій вплив на всі компоненти рослинних синузій, що формувалися після висаджування живців верби у ґрунт, передусім впливали на здатність формувати біомасу (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Формування вегетативної маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр., г/м²

Вид рослин	Варіант досліджу				
	1	2	3	4	5
Верба енергетична	95,9	244,9	235,1	144,3	190,9
Просо півняче	542,0	16,0	11,0	13,0	130,0
Мишій сизий	316,0	17,0	4,0	9,0	98,0
Лобода біла	633,0	0,0	0,0	562,0	280,0
Лобода гібридна	248,0	23,0	37,0	194,0	41,0
Гірчиця польова	211,0	18,0	12,0	137,0	87,0
Талабан польовий	133,0	11,0	7,0	143,0	58,0
Гірчак шорсткий	254,0	24,0	63,0	165,0	70,0
Гірчак березкоподібний	162,0	21,0	16,0	110,0	40,0
Пирій повзучий	37,0	6,0	4,0	0,7	45,0
Інші види	240,0	85,0	110,0	172,0	69,0
Бур'яни, усього	2776,0	221,0	264,0	1505,7	918,0
НІР _{0,05}	3,96				

На ділянках (варіант 1), де заходів захисту від бур'янів згідно зі схемою проведення досліджень не проводили, рослини однорічних видів бур'янів успішно росли й розвивалися та формували свою масу. На час проведення обліків величини накопичення маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної (друга декада серпня) вона становила 2776 г/м^2 . У структурі загальної маси бур'янів за роки проведення досліджень найбільшу частку формували такі види: лобода біла – $633,0 \text{ г/м}^2$, або 22,8 %, просо півняче – $542,0$, або 19,5, мишій сизий – $316,0$, або 11,4, гірчак шорсткий – $254,0$, або 9,1, лобода гібридна – $248,0 \text{ г/м}^2$, або 8,9 %. Маса рослин пирію повзучого на час проведення обліків становила в середньому 37 г/м^2 і суттєво на ситуацію забур'яненості не впливала (табл. 7.10).

На ділянках насаджень верби енергетичної (варіант 2) з використанням для захисту від бур'янів дії ґрунтового гербіциду Стомп 330, к.е. величина накопичення маси дикої рослинності була в середньому 221 г/м^2 , що становило 7,96 % від величини накопичення маси бур'янами на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1).

Використання для захисту насаджень культури можливостей гербіциду ґрунтової дії Зенкор 70, ВГ забезпечувало отримання близьких до попереднього варіанту показників контролювання однорічних видів бур'янів та їхньої здатності формувати масу. У середньому за роки проведення досліджень величина накопичення маси бур'янів становила 264 г/м^2 , тобто 9,51 % від величини цього показника на ділянках, де заходів захисту від бур'янів не було (варіант 1).

Внесення в насадженнях верби енергетичної першого року вегетації для контролювання злакових видів бур'янів грамінциду Пантера, к.е. забезпечило позитивні результати. Рослини культури, як типові представники класу дводольних, у своїх клітинах просто не мають відповідних білків – ферментів, проти яких спрямована дія грамінциду. Проникнення діючої речовини в тканини молодих рослин культури істотно не порушувало їхні фізіологічні

процеси та біохімічні реакції. На рослинах верби енергетичної не проявлялись ознаки пригнічення або затримки процесів росту й розвитку.

Дія грамініциду Пантера, к.е. на злакові види бур'янів була достатньо ефективною. Проте, на всі інші види рослин дводольних однорічних бур'янів він гербіцидної активності не проявляв. Величина накопичення маси таких бур'янів у насадженнях культури становила в середньому 1505,7 г/м², що було на рівні 54,24 % від їхньої маси на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1).

Умови вегетації молодих рослин верби енергетичної, насамперед гострота конкуренції за чинники життя з бур'янами, впливали на величину річних приростів пагонів верби енергетичної та продуктивність рослин загалом (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

**Продуктивність верби енергетичної та вихід біопалива і енергії
залежно від застосування гербіцидів, середнє за 2013–2017 рр.**

Варіант досліджу	Довжина пагонів, см	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
1	76	1,13	1,25	23,19
2	147	2,81	3,12	57,84
3	145	2,71	2,98	55,20
4	118	1,77	1,95	36,13
5	117	2,24	2,47	45,80
НІР _{0,05}	3	0,11	0,15	2,81

На ділянках забур'яненого контролю (варіант 1), де бур'яни могли вільно рости й розвиватися протягом усього вегетаційного періоду, рослини культури формували річні пагони завдовжки в середньому 76 см та мінімальні параметри врожайності та виходу твердого біопалива та енергії.

Здійснення заходів захисту, що передбачали застосування весною поточного року гербіциду ґрунтової дії Стомп 330, к.е. перед садінням здерев'янілих живців, забезпечувало ефективний рівень контролювання небажаної рослинності. Накопичення маси бур'янів у насадженнях верби енергетичної було досить помірним. Відповідно й рівень конкуренції бур'янів за чинники життя був невисоким. Молоді рослини культури в середньому формували пагони завдовжки 147 см. На цьому варіанті було отримано максимальну в досліді врожайність сухої маси верби енергетичної – 2,81 т/га та, відповідно, й вихід енергії – 57,84 ГДж/га.

Використання системи захисту молодих насаджень культури за допомогою використання в рік вегетації живців верби енергетичної ґрунтового гербіциду Зенкор 70, в.г. забезпечувало формування річних приростів пагонів завдовжки 145 см. Параметри врожайності сухої маси, виходу біопалива та енергії відрізнялися від показників варіанту 2 незначно (у межах найменшої істотної різниці досліді).

Обприскування сходів бур'янів у рік висаджування живців верби енергетичної грамініцидом Пантера, к.е. позитивно впливало на молоді рослини культури, проте рівень цього впливу був меншим за попередні варіанти. Довжина річних приростів пагонів верби енергетичної на ділянках варіанту 4 становила 118 см, а врожайність сухої біомаси – 1,77 т/га.

Механічне контролювання сходів багаторічних видів бур'янів (три послідовні суцільні культивації на глибину 8–10 см з інтервалом 20 діб – варіант 5) забезпечувало формування рослинами верби енергетичної першого року вегетації 2,24 т/га сухої біомаси, або ж 2,47 т/га біопалива, що, зрештою, відповідало 45,80 ГДж/га енергії.

А отже, проведення захисних заходів за допомогою оброблення плантацій верби енергетичної першого року життя ґрунтовими гербіцидами Стомп 330, к.е (д.р. пендиметалін, 330 г/л) у нормі 5 л/га або Зенкор 70, в.г. (метрибузин, 700 г/л) у нормі 1,5 л/га виявилось ефективним агрозаходом як із біологічного, так і гербологічного погляду.

5.3. Розроблення екологічних систем захисту від бур'янів насаджень верби енергетичної першого року вегетації

Інтенсивні технології вирощування верби енергетичної передбачають захист від бур'янів різними способами: ручним і механічним доглядом чи застосуванням можливостей сучасної хімії. Проте, кожен із названих прийомів має свої недоліки. Ручний догляд забезпечує високу якість захисту молодих насаджень рослин, проте він є дуже трудомістким і малопродуктивним. До того ж, обробляти молоді насадження вручну потрібно більше трьох разів за вегетаційний період.

Застосування гербіцидів (як це докладно було розглянуто раніше) має свої переваги і складнощі – як чисто технологічні моменти, так і певні екологічні обмеження. Розміщення нових насаджень біоенергетичних рослин у добре зволжених місцях, біля водойм і річок, у водоохоронних зонах, безпосередньо біля населених пунктів, повністю виключає застосування пестицидів у процесі їх вирощування, зокрема й гербіцидів.

Сучасні тенденції підвищення екологічних вимог до будь-яких технологій вирощування сільськогосподарських і лісових культур потребують творчого пошуку й наукового обґрунтування нових сучасних та екологічно безпечних систем захисту насаджень верби енергетичної від присутності бур'янів у перші роки їхньої вегетації.

З огляду на результати наукових досліджень, які були проведені у відділі гербології в попередні роки, в основу вибору варіантів досліду було покладено версію формування енергетичних (світлових) обмежень для сходів бур'янів. Докладно схему і методику проведення досліджень викладено в розділі 2.

На ділянках насаджень верби енергетичної першого року життя (варіант 1) заходи захисту від присутності бур'янів протягом вегетації не проводили. Оскільки молоді рослини культури лише розпочинали процеси регенерації втрачених частин – коренів, пагонів, листків, то вони були нездатні швидко освоювати вільні екологічні ніші на початку вегетаційного періоду.

Наявність значних запасів насіння та органів вегетативного розмноження бур'янів у ґрунті забезпечувала їм можливість активно рости і розвиватись, освоювати вільний простір, формувати проективне покриття та поглинати потік променевої енергії ФАР, що надходив від Сонця і здійснювати активні процеси фотосинтезу.

Забур'яненість насаджень верби енергетичної в роки проведення досліджень мала змішаний характер. Наймасовішими на час проведення перших обліків (10.05) у насадженнях культури були: просо півняче – 26,6 шт./м², або 17,6 %, мишій сизий – 18,9, або 12,5, пирій повзучий – 14,5, або 9,6, щиряця звичайна – 13,4, або 8,9, лобода біла – 12,6 шт./м², або 8,3 % та інші види.

На ділянках також були присутні рослини багаторічних бур'янів. Чисельність цих видів не була такою масовою (крім пирію повзучого), як у рослин однорічних видів, проте їхнє значення в рослинних синузях було істотним. Серед таких бур'янів були присутні: очерет південний (звичайний) – 7,6 шт./м², або 5,0 %, пижмо звичайне – 5,1, або 3,4, осот рожевий – 3,2, або 2,1, осот жовтий – 1,7 шт./м², або 1,1 % (табл. 5.9).

На ділянках варіанту 2 насаджень верби енергетичної першого року вегетації для захисту від бур'янів їх укривали шаром деревної тирси завтовшки 3 см. Тирса добре попускала повітря й воду до ґрунту, проте позбавляла проростки рослин бур'янів, що виходили на поверхні ґрунту, енергії світла. Переважна більшість однорічних видів бур'янів, як відомо, формує насіння малих розмірів і проростає переважно з глибини 0–5 см. Малі розміри насіння дають змогу проявляти високий рівень насінневої продуктивності і тим самим забезпечити формування численного потомства.

Малі розміри насіння не дають змоги бур'янам створювати значних запасів пластичних речовин і обмежують їхню здатність проростати з глибоких горизонтів орного шару ґрунту. Проросток із дрібної насінини просто не має достатніх запасів пластичних речовин, щоб дотягтися до поверхні ґрунту і відповідно отримати доступ до енергії світла. У результаті застосування на

ділянках мульчі з деревної тирси зниження кількості сходів лободи білої, лободи гібридної, щириці загнутої (звичайної), гірчака почечуйного, гірчака березкоподібного, пасльону чорного, гірчиці польової було 100 %-м.

Таблиця 5.9

**Ефективність екологічних систем захисту від бур'янів у насадженнях
верби енергетичної першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр.**

Вид бур'яну	Варіант досліджу												
	1	2		3		4		5		6		7	
	шт./м ²	шт./м ²	зниження до контролю, %	шт./м ²	зниження до контролю, %	шт./м ²	зниження до контролю, %	шт./м ²	зниження до контролю, %	шт./м ²	зниження до контролю, %	шт./м ²	зниження до контролю, %
Лобода біла	12,6	0	100	2,0	84,1	0	100	0	100	0	100	0	100
Лобода гібридна	5,3	0	100	0,7	86,8	0	100	0	100	0	100	0	100
Щириця звичайна	13,4	0	100	0,9	93,3	0	100	0	100	0	100	0	100
Гірчак почечуйний	6,7	0	100	0,7	89,6	0	100	0	100	0	100	0	100
Гірчак березкоподібний	5,9	0	100	0,8	86,4	0	100	0	100	0	100	0	100
Паслін чорний	6,8	0	100	1,5	77,9	0	100	0	100	0	100	0	100
Гірчиця польова	8,2	0	100	1,2	85,4	0	100	0	100	0	100	0	100
Просо півняче	26,6	0,8	97,0	6,4	75,9	0	100	0	100	0	100	0	100
Мишій сизий	18,9	2,6	86,2	3,4	82,0	0	100	0	100	0	100	0	100
Черета трироздільна	4,2	0,2	95,2	0,9	78,6	0	100	0	100	0	100	0	100
Пирій повзучий	14,5	4,6	68,3	5,5	62,1	1,7	88,3	0	100	0	100	0	100
Очерет південний	7,6	4,3	43,4	4,8	36,8	2,2	71,1	0,5	93,4	1,1	85,5	2,1	72,4
Пижмо звичайне	5,1	2,4	52,9	2,7	47,1	0,8	84,3	0	100	1,5	70,6	1,4	72,5
Осот рожевий	3,2	1,2	62,5	1,5	53,1	0,4	87,5	0,1	96,9	1,1	65,6	0,9	71,9
Осот жовтий	1,7	1,7	0,0	0,7	58,8	0,2	88,2	0,1	94,1	0,4	76,5	0,3	82,4
Інші види	10,2	1,1	89,2	2,4	76,5	0,4	96,1	0	100,0	1,2	88,2	0,4	96,1
Бур'яни, усього	150,9	18,9	87,5	36,1	76,1	5,7	96,2	0,7	99,5	5,3	96,5	5,1	96,6
НІР _{0,05}	0,07	0,07	—	0,07	—	0,07	—	0,07	—	0,07	—	0,07	—

Серед однорічних видів здатні були частково вийти на поверхню ґрунту проростки бур'янів, що формують насіння з відносно великим запасом пластичних речовин. До таких рослин правомірно віднести просо півняче, мишій сизий, череду трироздільну та деякі інші. Зокрема, проведені обліки зафіксували присутність сходів проса півнячого у кількості 0,8 шт./м², або 3,0 %, мишію сизого – 2,6, або 13,8, череди трироздільної – 0,2, або 4,8 % від кількості сходів тих самих видів на ділянках контролю (варіант 1).

Багаторічні види бур'янів реагували на створення шару мульчі з деревної тирси по-різному. Рослини пирію повзучого знижували чисельність сходів до 4,6 шт./м², або на 68,3 %, пижмо звичайне – до 2,4, або на 52,9, очерет південний (звичайний) – до 4,3 шт./м², або на 43,4 %. Низький рівень зниження чисельності рослин очерету південного можна пояснити морфологічною будовою цього багаторічника і великими запасами пластичних речовин у його кореневищах. Загальний рівень зниження чисельності сходів бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації на ділянках із використанням мульчі з деревної тирси становив за роки досліджень 87,5 % (рис. 5.1).

Істотно впливало на процеси забур'янення застосування для захисту насаджень верби енергетичної від бур'янів шару мульчі з подрібненої соломи пшениці озимої шаром завтовшки 5 см (варіант 3).

Наявність додаткової оптичної перешкоди для проростків однорічних видів бур'янів позбавляла їх можливості отримувати енергетичне живлення для процесів фотосинтезу, адже доступні в насінні пластичні речовини вже були вичерпані в процесі проростання. Без переходу на автотрофне живлення завдяки фотосинтезу ювенільні рослини таких бур'янів відмирали. Проте такий процес не був повним і невелика частина проростків все-таки досягала шару соломи, де інтенсивність освітлення давала змогу запускати процеси фотосинтезу і продовжувати вегетацію. У різних видів бур'янів частка рослин, що змогла пробитися через шар мульчі із соломи, була неоднаковою. У лободи білої через шар подрібненої соломи завтовшки 5 см проростало в середньому

2,0 шт./м², або 15,9 %, лободи гібридної – 0,7, або 13,2, щиріці загнутої – 0,9, або 6,7, гірчака почечуйного – 0,7, або 10,4, проса півнячого – 6,4 шт./м², або 24,1 % від кількості сходів на ділянках насаджень варіанту 1.



**Рис. 5.1. Загальний вигляд насаджень верби енергетичної
із шаром мульчі з деревної тирси**

Багаторічні види бур'янів, що мали більші запаси пластичних речовин у своїх підземних вегетативних органах, були здатні краще долати шар мульчі з подрібненої соломи. У рослин пирію повзучого кількість сходів становила 5,5 шт./м², або 37,9 %, очерету південного – 4,8, або 63,2, пижма звичайного – 2,7, або 52,9, осоту рожевого – 1,5 шт./м², або 46,9 % від середньої кількості сходів кожного виду на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1). Загальне зниження чисельності сходів бур'янів на ділянках варіанту 3 (застосування шару мульчі завтовшки 5 см) становило 76,1 %.

Використання для захисту насаджень верби енергетичної першого року вегетації мульчі з подрібненої соломи товщиною 10 см (варіант 4) істотно

ускладнювало вихід на поверхню поля практично всім присутнім у насадженнях видам однорічних бур'янів. Їхні проростки витрачали запаси наявних у насінні пластичних речовин, так і не досягнувши потрібного для процесів фотосинтезу рівня інтенсивності освітлення своїх сім'ядоль або перших листків.



**Рис. 5.2. Загальний вигляд насаджень верби енергетичної
із шаром мульчі з подрібненої соломи**

Серед багаторічних видів бур'янів до поверхні і потрібного рівня освітлення досягала лише частина рослин. У пірію повзучого кількість проростків була 1,7 шт./м², або 11,7 %, пижма звичайного – 0,8, або 15,7, осоту рожевого – 0,4 шт./м², або 12,5 % від кількості сходів кожного виду на ділянках, де заходів захисту від бур'янів не проводили (варіант 1).

Загальне зниження кількості сходів бур'янів у насадженнях культури за роки досліджень на ділянках варіанту 4 (мульча з подрібненої соломи

завтовшки 10 см) досягало 96,2 %, тобто було на рівні, який традиційно оцінює дію високоефективних гербіцидів (95 %).

На ділянках із використанням у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації для захисту від бур'янів шару мульчі з подрібненої соломи завтовшки 15 см (варіант 5) ефективність контролювання сходів останніх була високою. Більшість видів бур'янів була не здатна подолати такий потужний додатковий бар'єр для своїх проростків на їх шляху до енергії світла.

Серед багаторічних видів бур'янів проростки виходили на денне світло лише в очерету південного – 0,5 шт./м², або 6,6 %, осоту рожевого – 0,1, або 3,1, осоту жовтого – 0,1 шт./м², або 5,9 %; проростки пирію повзучого, пижма звичайного через такий шар мульчі проникнути були не здатні й відмирили повністю. Загальне зниження кількості сходів бур'янів на ділянках насаджень варіанту 5 становило 99,5 %.

Використання для захисту від бур'янів насаджень верби енергетичної першого року вегетації екранування поверхні ґрунту синтетичної чорною плівкою було ефективним. Однорічні види бур'янів, що проростали до поверхні ґрунту, не могли отримувати світлове (енергетичне) живлення, потрібне для їхнього успішного росту й розвитку, і поступово відмирили. Серед представників багаторічних видів бур'янів через світловий бар'єр чорної плівки здатні були пробитися лише окремі проростки. Насамперед це були сходи очерету південного. Їхній потужний колеоптіль, що за будовою нагадує загострений спис, проникає через шар плівки і виходить до сонячного світла на поверхні ґрунту. Рослин очерету південного за роки досліджень у середньому проростало 1,1 шт./м², або 14,5 %, пижма звичайного – 1,5, або 29,4, осоту рожевого – 1,1, або 34,4, осоту жовтого – 0,4 шт./м², або 23,5 % від кількості сходів кожного виду на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1). Загальне зниження рівня забур'яненості насаджень культури становило 96,5 %.

Використання для захисту від бур'янів насаджень верби енергетичної першого року вегетації чорного агроволокна (варіант 7) теж забезпечувало позитивний результат.

Однорічні види бур'янів і рослини пірію повзучого не могли подолати такий додатковий бар'єр, що перекривав доступ до енергії світла. Серед багаторічних видів найбільшу здатність долати захисний екран з агроволокна зафіксовано в рослин очерету південного. Через захисний шар агроволокна проникали в середньому 2,1 шт./м² цього виду бур'яну, або 27,6 %, пижмо звичайного – 1,4, або 27,5, осоту рожевого – 0,9, або 28,1, осоту жовтого – 0,3 шт./м², або 17,6 % від кількості рослин кожного з видів на ділянках забур'яненого контролю (варіант 1).

Загальне зниження чисельності сходів бур'янів у насадженнях верби енергетичної першого року вегетації на ділянках варіанту 7 становило за роки проведення досліджень 96,6 %.

Результати щодо захисних можливостей різних екологічних прийомів контролювання сходів бур'янів у насадженнях культури першого року вегетації доводять їхню перспективність і можливості практичного застосування. Вибір між різними схемами захисту насаджень передусім має враховувати специфіку видового складу бур'янів на площах майбутніх біоенергетичних плантацій. Присутність багаторічних бур'янів, особливо рослин очерету південного, пижма звичайного та інших, потребує формування товстих шарів мульчі з подрібненої соломи (понад 10 см).

Для надійного контролювання однорічних видів бур'янів із дрібним насінням достатньо шару мульчі із соломи завтовшки до 10 см. Із способів екранування перевагу має застосування темного агроволокна. Такий спосіб дає змогу добре поглинати воду з опадів, забезпечує нормальну аерацію орного шару ґрунту та активність кореневої системи рослин культури.

Застосування синтетичної чорної плівки є достатньо ефективним, проте наявність газо- і водонепроникного екрану на поверхні ґрунту створює певні проблеми для активної роботи кореневої системи рослин культури. До того ж, екологічно безпечна утилізація значних обсягів використаної синтетичної плівки є питанням далеко не простим. Спалювати такі відходи – означає істотно забруднювати територію продуктами горіння, утилізувати їх централізовано на

спеціальних переробних підприємствах – можливо далеко не всюди і це потребує додаткових матеріальних затрат.

Величина накопичення маси бур'янів у насадженнях варіанту 2 перевищувала показники, отримані на ділянках із використанням синтетичної темної плівки у 2,6 раза (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Здатність бур'янів формувати масу
залежно від екологічних систем захисту насаджень верби енергетичної
першого року вегетації, середнє за 2012–2016 рр., г/м²**

Вид бур'яну	Варіант досліджу						
	1	2	3	4	5	6	7
Лобода біла	218,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лобода гібридна	238,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Щириця звичайна	283,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Гірчак почечуйний	117,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Гірчак березкоподібний	95,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Паслін чорний	174,0	0,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Гірчиця польова	128,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Просо півняче	345,0	16,0	46,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Мишій сизий	276,0	21,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Череда трироздільна	184,0	8,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Пирій повзучий	162,0	37,0	48,0	12,0	0,0	0,0	0,0
Очерет південний	427,0	193,0	176,0	85,0	32,0	71,0	97,0
Пижмо звичайне	381,0	161,0	143,0	56,0	0,0	66,0	72,0
Осот рожевий	108,0	27,0	42,0	19,0	13,0	24,0	16,0
Осот жовтий	96,0	21,0	35,0	16,0	7,0	21,0	15,0
Інші види	136,0	14,0	53,0	8,0	0,0	9,0	11,0
Бур'яни, усього	3368,0	498,0	709,0	196,0	52,0	191,0	211,0
НІР _{0,05}	2,3						

Така невідповідність величини річних приростів пагонів і величини накопиченої маси бур'янів у насадженнях верби енергетичною може бути

пояснена особливостями вегетації рослин культури під екраном із синтетичної непрозорої плівки.

Наявність екрану з плівки істотно змінює передусім рівень аерації ґрунту. У орному шарі зростає вміст вуглекислого газу і зменшується вміст вільного кисню, який потрібний для дихання коренів молодих рослин культури. Обмеження забезпечення вільним киснем і зниження інтенсивності дихання, особливо клітин кореневих волосків, діяльність яких забезпечує засвоєння води та розчинених у ній сполук мінерального живлення, особливо аніонів, призводить до уповільнення процесів активного мембранного переносу сполук фосфору (PO_4) і частково азоту (NO_3). Імовірно, що саме такі зміни режиму мінерального живлення молодих рослин культури позначалися на величині річних приростів пагонів.

Здійснення захисту молодих насаджень верби енергетичної від бур'янів за допомогою екранування поверхні ґрунту непрозорим агроволокном давало змогу ефективно контролювати сходи бур'янів і створювати сприятливі умови для росту й розвитку рослин культури. Величина річних приростів пагонів на таких насадженнях становила в середньому 129 см, або 93,3 %, тобто була близькою до величини максимальних показників.

Насамперед оптимальність умов вегетації в перший рік життя молодих рослин культури проявлялася на розмірах (довжині) річних приростів нових пагонів. Так, у рослин, що здійснювали свою вегетацію за умов забур'янення протягом усього теплого періоду року, довжина річних приростів пагонів становила в середньому 71 см. Порівняно з величиною приростів пагонів на ділянках, де проводили по шість послідовних ручних прополювань (варіант 8), такі прирости становили 52,9 %. Присутність у насадженнях бур'янів та конкуренція за чинники життя в перший рік вегетації верби енергетичної призводила до зниження їх біологічних приростів майже наполовину.

Застосування для захисту насаджень культури від бур'янів шару мульчі з деревної тирси знижувало гостроту їх конкурентних відносин із дикою рослинністю і сприяло процесам росту й розвитку молодих рослин верби

На ділянках варіанту 6 для захисту від бур'янів було використано екранування поверхні ґрунту синтетичною чорною плівкою. Величина річних приростів пагонів у молодих рослин культури становила в середньому за роки проведення досліджень 123 см, або 91,8 % від показників на ділянках варіанту 8. Тобто такі величини річних приростів були близькими до показників у насадженнях варіанту 2.

Підсумковим параметром оцінювання ефективності енергетичних плантацій є не тільки збір сухої маси з одиниці площі, а й вихід твердого біопалива та енергії. Дані продуктивності верби енергетичної за впливу екологічних систем захисту наведено в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12

**Продуктивність верби енергетичної, вихід біопалива та енергії
за впливу екологічних систем захисту,
середнє за 2013–2017 рр.**

Варіант досліджу	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
1	1,08	1,19	22,11
2	2,64	2,93	54,26
3	2,25	2,47	45,78
4	2,91	3,20	59,30
5	3,07	3,38	62,69
6	2,92	3,22	59,60
7	2,92	3,22	59,67
HP _{0,05}	0,12	0,14	1,30

Цілком закономірним є те, що мінімальні параметри продуктивності було отримано на варіанті 1, де насадження верби енергетичної вегетували без проведення захисних заходів від бур'янів.

На варіанті 2, де наносили шар деревної тирси завтовшки 3 см, рослини утворювали 2,64 т/га сухої маси, що в енергетичному еквіваленті становило 54,26 ГДж/га.

Дещо гіршим у плані продуктивності виявився варіант 3, де наносили шар мульчі з подрібненої пшеничної соломи завтовшки 5 см. Так, збір твердого біопалива верби енергетичної був 2,47 т/га, а вихід енергії – 45,78 ГДж/га.

Варіант 4, де наносили шар мульчі з подрібненої пшеничної соломи завтовшки 10 см, та варіант 6, де перед садінням живців верби енергетичної створювали екран із чорної синтетичної плівки, і варіант 7, де перед висаджуванням живців культури створювали екран із чорного агроволокна, були подібними в плані основних закономірностей збору сухої речовини, біопалива та виходу енергії.

А от кращими по досліді виявилися ділянки насаджень верби енергетичної варіанту 5, де після висаджування живців наносили шар мульчі з подрібненої пшеничної соломи завтовшки 15 см. Так, урожайність сухої маси верби була 3,07 т/га, збір біопалива – 3,38 т/га, а вихід енергії – 62,69 ГДж/га.

РОЗДІЛ 6.
ОСНОВНІ ВИДИ БУР'ЯНІВ
ПОШИРЕНІ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ВЕГЕТАЦІЇ В ФІТОЦЕНОЗАХ
БАГАТОРІЧНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Технологічні процеси вирощування біоенергетичних культур мають набагато більше негативних чинників, що перешкоджають отриманню стабільних зборів біомаси, адже на відміну від традиційних культур розробці ефективних методів боротьби з бур'янами перешкоджають біологічні особливості вирощуваних культур.

Не зважаючи на розбіжність думок вчених у тому, які рослини віднести до умовної категорії “бур'яни”, вони однакові в тому, що це види, які ростуть на площах, які людина використовує для своєї діяльності.

Не дивлячись на умовність поняття дані рослини сміливо можна віднести до конкурентів за площу живлення, воду, поживні речовини і освітлення відносно культурних рослин. Також, вони можуть затрудняти доступ для догляду, а крім того значно утрудняти, якщо не унеможлиблювати, процеси збирання урожаю. Дуже часто такі “супутники” накопичують хвороби або включені в трофічні зв'язки шкідників, багато з них отруйні для людини або сільськогосподарських тварин, відповідно знищують або значно погіршують технологічні якості врожаю. Втрати від бур'янів перевищують розміри сумарних втрат від хвороб та шкідників і в середньому можуть досягти 40 і навіть 80% валового збору сільськогосподарських культур.

Обмеження шкідливої дії бур'янів у посівах сільськогосподарських, та що важливо - біоенергетичних культур, а також зменшення запасів їх насіння у ґрунті та раціональне використання методів контролювання їх чисельності є першочерговим завданням з оптимізації агротехнічних процесів.

Особливо актуальним моментом на який часто-густо не звертають уваги – це бур'яни що вегетують упродовж липня-серпня місяця. Здавалося б значної шкоди

посадкам біоенергетичних культур вони вже не спричиняють, проте – встигають з формувати велику кількість життєздатного насіння. Тому вирішення даного питання є одним з головних моментів забезпечення високої культури агротехніки, та підтримання чистоти полів на належному рівні.

Адже ефективно поборовшись з бур'янами в першій половині вегетації та знищивши другу хвилю сходів ми забуваємо про те, що посадки біоенергетичних культур дуже світлопроникні в перші роки вегетації. А тому бур'яни не припиняють свій ріст і розвиток винятково на початку вегетаційного періоду, адже створення світлонепроникної листової маси не відбувається.



Мишій сизий (Setaria glauca L)

Тип: непаразитні; підтип: однорічні; біологічна група: ярі; ботанічний клас: однодольні.

Максимальна насіннєва продуктивність - 13800 зернівок. Глибина проростання насіння - не більше 16-18 см.

Насіння життєздатне в ґрунті - до 30 років, не втрачає схожості при тривалому вимочуванні в воді. Період спокою - відсутній.

Температура проростання – мінімальна $+6...+8^{\circ}$ – оптимальна $+20..+24^{\circ}\text{C}$. Вимоги до ґрунту – сходить рясно на розпушених піщаних і суглинкових ґрунтах.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирої маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 25 – 30 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 120 – 130 г коренеплодів на 1 м².

Росте на полях, пасовищах. Поширений як післяжнивний бур'ян на полях після збирання ранніх озимих і ярих зернових, а також в посівах пізніх ярих культур.

Важливо зробити заувагу, що на території України налічується понад 750 видів бур'янів, з них майже 120 видів істотно поширені та засмічують посіви культурних рослин. Причому видовий склад бур'янів у різних ґрунтово-кліматичних зонах неоднорідний та може бути сформований не тільки від впливу природних факторів формування агрофітоценозів а й особливостями ведення господарської діяльності людини.

Бур'яни поширюються із природних джерел їх накопичення на землях на яких не ведеться сільськогосподарська діяльність, а також поширюються. Накопичуються та зберігаються на полях сільськогосподарських угідь. Причому у малорічних видів бур'янів зимує насіння, а у багаторічних – як насіння, так і підземні вегетативні органи.

Окрім того що істотний вплив на формування видового складу бур'янів має стан забур'яненості в попередні роки, також істотно впливає висока насіннєва продуктивність більшості видів бур'янів, тривала життєздатність

насіння в ґрунті, неоднорідне, розтягнуте в часі проростання насіння, різна тривалість періоду біологічного спокою, різні вимоги до умов проростання, а особливо глибини залягання насіння.



Берізка польова (Convolvulus arvensis L.)

Багаторічний витривалий бур'ян з глибоко розташованим стрижневим коренем та бруньками на численних кореневищах. Прекрасно себе почуває майже на всіх типах ґрунтів, особливо ж на теплих, сухих, добре аерованих, з дренажним підґрунтям. Час проростання – майже весь теплий період року. Час цвітіння – раннє літо – рання осінь. Насіннєва продуктивність – біля 500.

Серед культурних рослин на 100 г. сирої маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 50 – 60 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 140 – 150 г коренеплодів на 1 м².



Фіалка польова (*Viola arvensis* L.)

Родина – фіалкові.

Однорічний або зимуючий (тобто факультативно дворічний). Час проростання – весь рік; глибина проростання насіння 0,5 – 1 см. Цвітіння майже цілий рік. Насіннева продуктивність – 2500.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирої маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур

становить 30 – 35 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 130 – 135 г коренеплодів на один м².



Блекота чорна (*Hyoscyamus niger* L.)

Родина – пасльонові. Інші назви: куряча сліпота, блекота

Ботанічна характеристика. Дворічна трав'яниста рослина із стержневим слабо гіллястим коренем. На першому році утворюється лише розетка прикореневих довгасто-яйцеподібних листків з нечисленними крупними зубцями, на другому - стебло заввишки від 0,5 до 1 м, з черговим, сидячим, листям. Квітки брудно-жовтого кольору з фіолетовими жилками, розвиваються поступово. Плід - двох гніздова суха багатонасінна глекоподібна коробочка-козубенька, прикрита кришечкою. Насіння дрібне, округле, сірувато-жовте, з ямкуватою поверхнею. Квітне майже все літо. Насіння дозріває в серпні-вересні. Рослина отруйна, з неприємним запахом.

Поширення. Бур'ян зустрічається майже повсюдно. Переважно на родючих ґрунтах, сміттєвих купках, в доріг, в садах і городах, на полях, межах і вигонах, біля житла.

Час проростання – наповесні з глибини до 1 – 1,5 см. Час цвітіння – пізня весна – рання осінь. Насіннєва продуктивність до 446500

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирії маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 20 – 25 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 120 – 135 г коренеплодів на один м².



Паслін чорний (*Solanum nigrum* L.)

Родина пасльонові.

Морфологічна будова: стебло - висотою 15- 90 см, з пряме розгалужене, голе або з рідкими волосками. Листки еліптично-яйцевидні або яйцевидно-

трикутні, виїмчасто-зубчасті або цілокраї, на коротких черешках. Суцвіття -- зонтикоподібний завиток. Квітки білі або жовтувато-зелені, рідко злегка фіолетові. Корінь стрижневий. Плід – ягода, розмір - - 7-9 мм у діаметрі, колір – чорний, рідше жовтий, білий або червоний. Форма насіння - округлояйцеподібна, сильно сплюснута. Колір насіння - світло-соломисто-жовтий. Розмір насіння - довжина 1,75-2, ширина 1,25-1,5, товщина 0,5-0,75 мм. Маса 1000 насінин 0,5- 0,75 г.

Сходи формує з травня до кінця літа. Цвіте з червня до пізньої осені, плодоносить в липні - жовтні. Біологічні особливості: глибина проростання насіння - не більше 4-5 см. Максимальна насіннева продуктивність 282 тис., насінин. Життєздатність в ґрунті - 1-3 роки.

Температура проростання - мінімальна +10...+12, оптимальна +24...+26, максимальна - +34...+36°. Поширення. Поширений по всій Україні, особливо на зрошуваних землях півдня України.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирової маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 30 – 35 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 150 – 160 г коренеплодів на один м².



Щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.)

Родина щирицеві.

Морфологічна будова рослини: стебло - пряме, розгалужене, опушене, висотою 20-150 см. Листки - яйцевидно-ромбічні або видовжено-ромбічні, чергові, на черешках. Суцвіття - квітки зібрані в густе коротке волотеподібне суцвіття зеленого кольору, Приквітки з довгим кінцевим вістрям, довші за оцвітину. Корінь - стрижневий, проникає у ґрунт на глибину 135-235, а в ширину на 75-130см.

Плід - сочевицеподібна сім'янка Колір - блискучий, чорний. Розмір - діаметр 1-1,25, товщина 0,5-0,75 мм. Маса 1000 насінин 0,3- 0,4 г. Розвиток Цвіте в червні - липні. Плодоносить - в липні жовтні і зберігають життєздатність в ґрунті до 40 років. Сходить - в рік досягання має низьку схожість в зв'язку з наявністю періоду спокою, що триває 6-8 місяців Біологічні особливості Глибина проростання - краща з поверхневих шарів ґрунту (до 3 см). Максимальна насіннева продуктивність - до 1 млн., 70 тисяч насінин. Температура проростання-мінімальна +6...+8, оптимальна +26...+ +36°. Гіпокотиль брудно-малиновий. Поширення Роста на полях, в садах та городах, особливо численна на вологих місцях. Поширена масово, особливо в посівах ярих просапних культур, часто є переважаючим видом.



Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирії маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 30 – 40 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 140 – 145 г коренеплодів на один м².

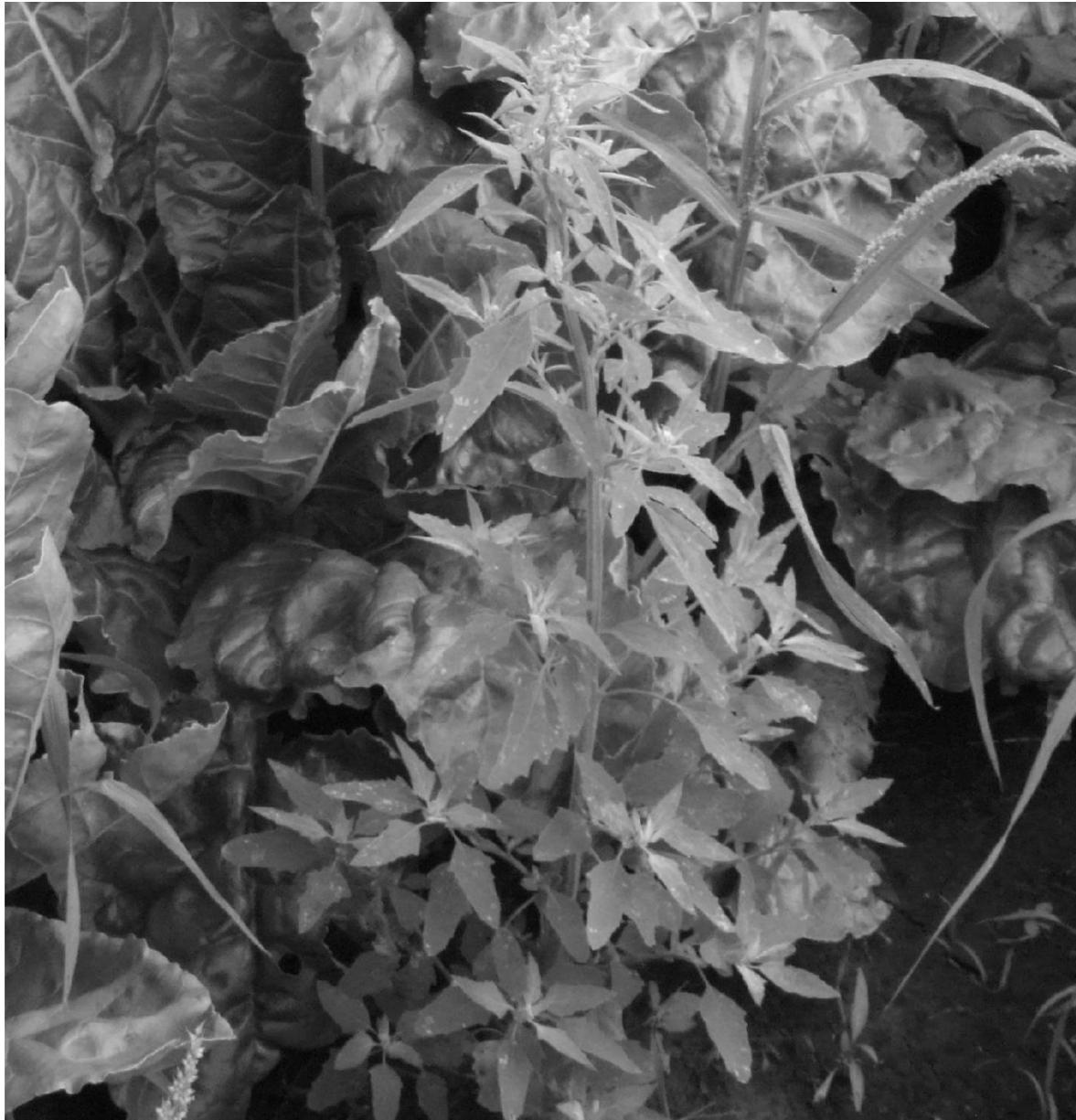


Гірчак розлогий (*Polygonum lapathifolium* L.)

Родина – гречкові.

Однорічний бур'ян із веретеноподібним коренем. Час проростання: весна; глибина проростання насіння до 4 см. Час цвітіння: розпал літа – осінь. Насіннєва продуктивність – 800 – 850.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирії маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 25 – 30 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 135 – 140 г коренеплодів на один м².



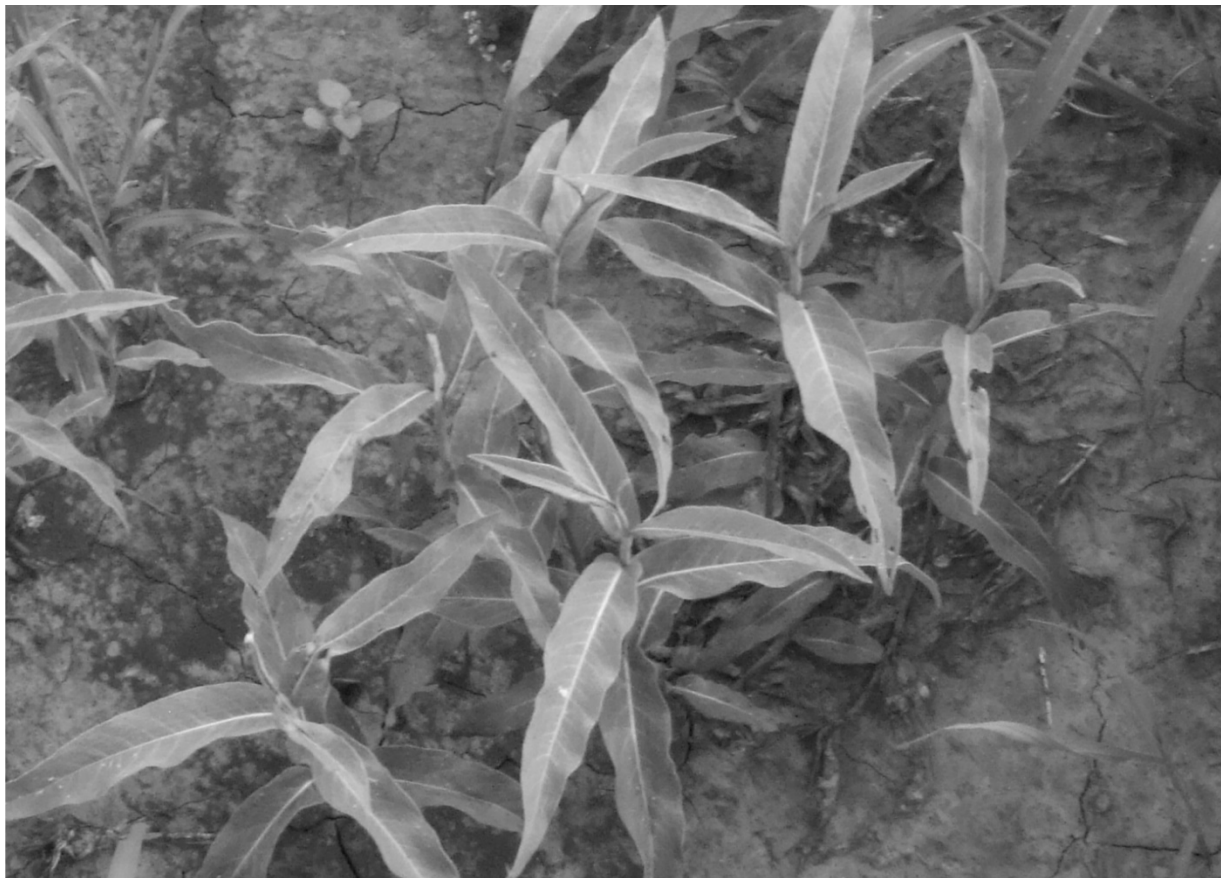
Лобода біла (*Chenopodium album* L.)

Стебло - пряме, розгалужене, висотою 30-120 см. Листки - чергові, нижні ромбовидно-яйцевидні. Суцвіття- квітки зібрані в колосовидні суцвіття, окремі клубочки яких розташовані в пазухах листків. Корінь - розгалужений стрижневий

Плід - горішок. Форма - округло-сплющений. Колір-темно-сірий або темно-коричневий. Маса 1000 насінин - 1,5-1,7 г. Сходи формує - від березня до жовтня, Цвіте - в липні – серпні, плодоносить - в серпні - жовтні,

Біологічні особливості Максимальна насіннева продуктивність – 700 тис. насінин. Мінімальна температура - мінімальна +3...+4, оптимальна +18...+24°. Поширення Поширена по всій Україні, засмічує всі культури, переважно просапні, а також сади, виноградники, росте біля будинків, вздовж доріг, лісосмуг тощо.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирії маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 40 – 45 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 145 – 155 г коренеплодів на один м².



Гірчак шорсткий (*Polygonum scabra* L.)

Родина – гречкові.

Однорічний насіннєвий з розгалуженим стрижневим коренем. Надає перевагу родючим, багатим на азот, добре вентильованим ґрунтам. Час проростання: весна - літо; глибина проростання до 1 -3 см. Час цвітіння: розпал літа – осінь. Насіннєва продуктивність – 200 – 800.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирої маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 30 – 35 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 135 – 140 г коренеплодів на один м².



Злинка канадська або пушніак канадський (*Erigeron canadensis* L.)

Родина – айстрові.

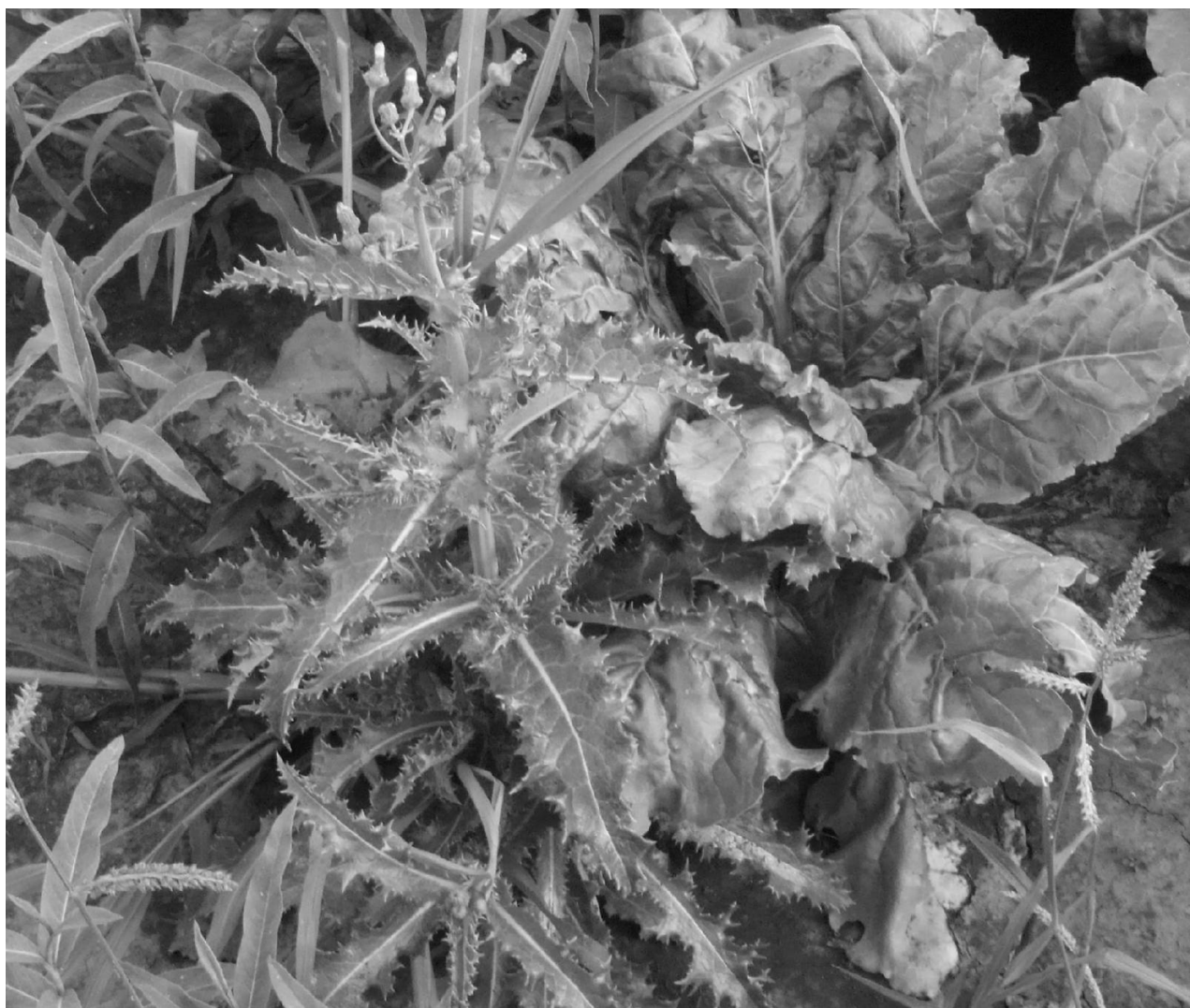
Стебло - пряме, висотою 30-180 см, густо вкрите волосками. Листки - чергові, ланцетні чи лінійно - ланцетні, цілокраї або рідко зубчасті, майже сидячі, густо вкривають все стебло. Суцвіття - квітки язичкові, білуваті, зібрані в дрібні, дуже численні кошики (3-5 мм), що входять до складного суцвіття - густої довгої волоті. Корінь - стрижневий.

Плоди - сім'янки Форма - циліндрична рідко опушена. Колір - сіро - зелений або буро-сірий з білуватою неоппадаючою летючкою. Розмір - довжина насінини 1,5-2, ширина 0,2-0,3, товщина 0,15- 0,25 мм. Маса 1000 сім'янок -

0,02-0,04 г. Сходи формує - в березні - травні, а також наприкінці літа - на початку осені (останні перезимовують). Цвіте - в липні - вересні. Плодоносить - в серпні - жовтні. Максимальна насіннева продуктивність - близько 66 тис, сім'янок, Глибина проростання насіння - не більше 1-1,5 см.

Температура проростання - мінімальна +6...+8, оптимальна +18...+28°. Поширення. Рoste на полях і пасовищах, у садах та городах по всій країні, місцями у дуже великій кількості.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирієї маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 20 – 25 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 130 – 140 г коренеплодів на один м².

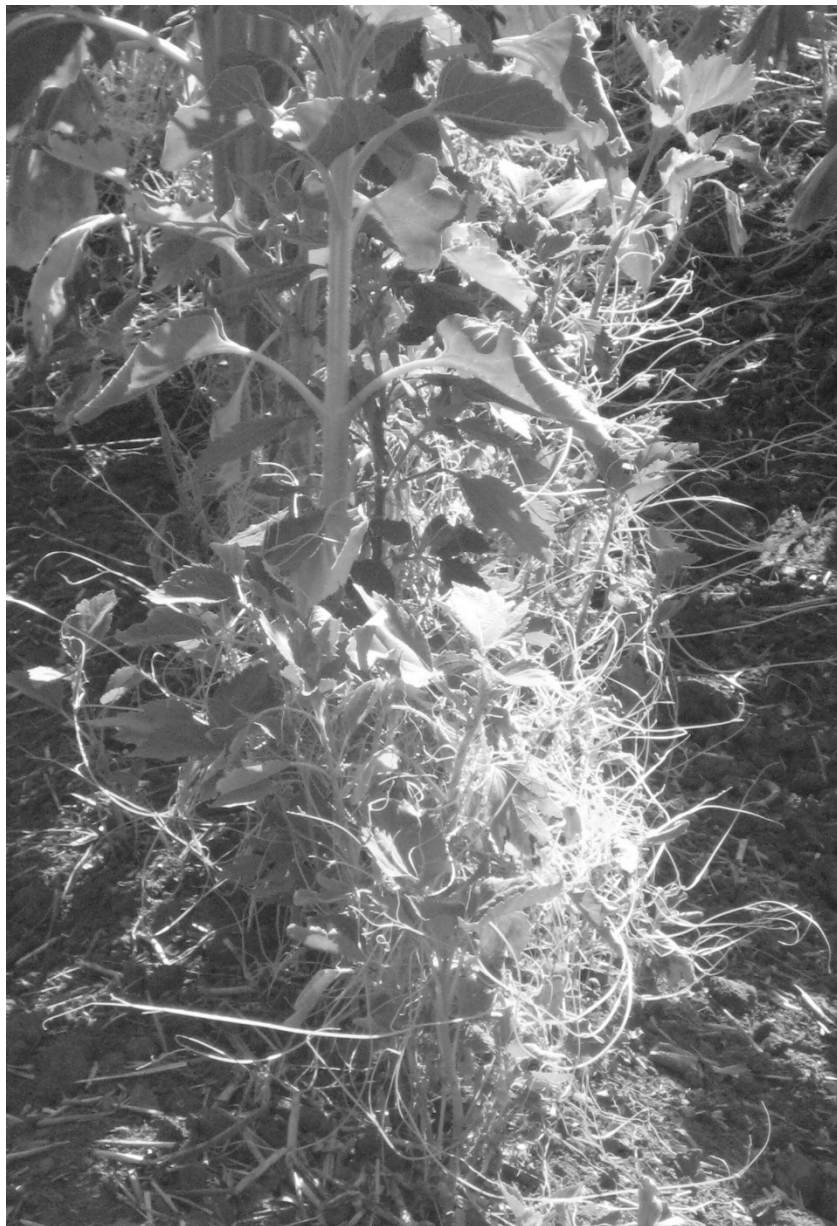


Осот городній (*Sonchus oleraceus* L.)

Родина – айстрові.

Однорічний бур'ян з міцним конічним коренем, що містить молочний сік. Сас проростання – весна. Час цвітіння – початок літа – осінь. Насіннева продуктивність – 4500.

Вивчено, що у традиційних сільськогосподарських культур на 100 г. сирії маси бур'яну зниження урожайності зернових колосових культур становить 40 – 55 г/м² зерна. У посівах буряків цукрових відповідно 155 – 160 г коренеплодів на один м².



Повитиця польова (*Cuscuta campestris* Yuncker)

Родина – повитицеві.

Однорічний паразитний бур'ян, без коренів, з ниткоподібними жовтуватими стеблами, які обвиваються навколо інших рослин і присмоктуються до них за допомогою гаусторій. Час проростання – пізня весна. Глибина проростання насіння – до 6 см. Насіннева продуктивність – 10000 – 150000.

Повитиця польова карантинний бур'ян - підлягає повному знищенню.

Останніми роками спостерігається зростання засміченості посівів зимуючими видами бур'янів, для яких умови перезимівлі значення не мають.

Сходи зимуючих бур'янів, що з'являються восени, перезимовують і продовжують розвиток навесні; якщо насіння їх проросло навесні, то вони розвиваються по ярому типу розвитку.



Ромашка непахуча (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.)

Однорічний або факультативно дворічний насіннєвий бур'ян зі стрижневим коренем. Стебло рослини має висоту 20–100 см, прямостояче з бічними розгалуженнями. Сім'ядольні листки овальної форми з загостреними верхівками, мають довгі черешки, що прилягають до ґрунту. Листки чергові, перисто-розсічені, щільно розміщені, ниткоподібної форми, борозенчасті зісподу, нижні на коротких черешках, середні й верхні – сидячі.

Суцвіття – кошики, які поодинокі розташовані на кінцях стебел і гілочок. Спільне квітколоже дрібногорбкувато-виїмчасте, конічне, кошик із жовтими трубчастими квітками всередині, по краях оточений язичковими пелюсткоподібними квітками.

Насіння типу плід-сім'янка. Плід-сім'янка має оберненопірамідально-усічену форму, жовтувато-коричневого кольору. Розміри плоду-сім'янки: довжина 1,5–2,5, ширина 0,75–1,25, товщина 0,5–0,75 мм. Маса 1000 сім'янок становить 0,5–0,75 г.

Проростає здебільшого восени, зрідка – навесні. Цвіте з червня по жовтень, плодоносить із липня по листопад. Максимальна плодючість – 1 млн 650 тис. сім'янок.

Дозрілі й недозрілі сім'янки здатні проростати за умов достатнього освітлення із глибини ґрунту понад 5–6 см. Осінні сходи перезимовують.

Мінімальна температура проростання насіння $+2...+3^{\circ}\text{C}$, оптимальною є температура від $+18$ до $+24^{\circ}\text{C}$.

Поширена на всій території України, особливо в Лісостепу. Засмічує посіви зернових колосових культур, буряків цукрових, кукурудзи, соняшнику.

В цілому поширена у посівах усіх основних сільськогосподарських культур, а також багаторічних трав, на присадибних ділянках, у посадках плодових культур.

Крім того, бур'ян вегетує вздовж доріг, на торф'яно-заболочених, низинних ґрунтах, краще росте на легких осадових суглинкових або вологих глинистих ґрунтах, що містять вапно.

Ефективними заходами контролю ромашки непахучої є дотримання сівозміни без повторних посівів озимих культур, лущення стерні, рання зяблева оранка і знищення розеток у системі напівпарового зяблевого обробітку в літньо-осінній період, якісна оранка з наступним обробітком під озимі культури, ранньовесняне боронування озимих, передпосівний обробіток під ярі зернові, знищення бур'янів на землях, які не обробляються.



Волошка синя (*Centaurea cyanus* L.)

Переважно перестійний, тобто зимуючий насіннєвий бур'ян із веретеноподібним коренем. Головний корінь заглиблюється у ґрунт на глибину до 25 см.

Стебло пряме, рідше розгалужене, тонке, гранчасте, повстяно-павутинисте, заввишки до 80 см.

Сім'ядольні листки широкоовальної форми, звужуються до черешка, з виразною серединною жилкою, міцні, великі. Листки вузьколанцетної форми, загострені, нижні листки зубчасті, звужені до черешка, верхні суцільнокраї, сидячі, мають повстисте покриття.

Суцвіття мають форму кошика, квітки якого поодинокі розміщуються на верхівках розгалужень рослини. Ці квітки синього кольору, рідко – білі або червонуваті, зубчасті. Трубчасті квітки – від фіолетово-блакитних до червоно-фіолетових. Підчаша яйцеподібна, з чорно-коричневою облямівкою на обгортковому листі.

Цвіте в червні-вересні. Плід – сім'янка. Насіння дрібне, маса 1000 насінин становить 3–4 г. Одна рослина здатна утворювати до 7000 сім'янок, які в сухому стані зберігають схожість до 10 років, а в ґрунті – не менше ніж 3 роки, проростає без періоду спокою у межах температур +3..+22°C. Літньо-осінні сходи перезимовують. Мінімальна температура проростання сім'янок –

від +3 до +5°C. Сходи з'являються із глибини 4–7 см у березні-травні та у серпні-вересні.

Поширена повсюди, засмічує зернові колосові культури, частіше жито, переважно на Поліссі та в Лісостепу України, на півдні зустрічається рідше.

Також поширена по всій території України на луках, уздовж доріг. Найкращими для її вегетування є легкі, пухкі піщано-суглинисті ґрунти, але також вона добре вегетує на мергелевих і глинистих ґрунтах.

Для контролю поширення волошки синьої необхідно дотримуватися загальноприйнятих рекомендацій: чергування культур у сівозміні без повторних посівів озимих, лушення стерні, рання зяблева оранка і знищення розетки у системі напівпарового зяблевого обробітку в літньо-осінній період.

Якісна оранка з подальшим обробітком ґрунту під озимі культури та ранньовесняне боронування озимих належать до ефективних заходів контролю бур'яну.



Талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.)

Однорічний, за сприятливих умов зимуючий (тобто факультативно дворічний) насіннєвий бур'ян зі стрижневим коренем, під час розтирання має запах, що нагадує часник.

Стебло прямостояче, гранчасте, розгалужене, висотою 20–50 см, голе, товщиною 3–4 мм.

Сім'ядольні листки округло-овальної форми з короткими черешками, цілюнокраї, прилягають до поверхні ґрунту. Нижні листки широкі, видовжено-овальної форми, цілюнокраї або трохи зубчасті, черешкові, розетково-пласкі, прилягають до поверхні ґрунту; верхні листки видовжені, виїмчасто-городчасті, біля основи стеблоохоплюючі, вушкоподібні.

Суцвіття – квітки, зібрані в густі китиці на верхівках стебел. Пелюстки білого кольору. Насіння типу плід стручок, який має округло-стиснену форму, на верхівці виїмчасто-крилатий, 10–18 мм завдовжки. Сірувато-коричневого кольору. Насіння обернено-яйцеподібне, темно-вишневого або майже чорного кольору, довжиною 1,5–2,25, шириною 1,2–1,5, товщиною 0,5–0,75 мм. Маса 1000 насінин становить 1,25–1,75 г.

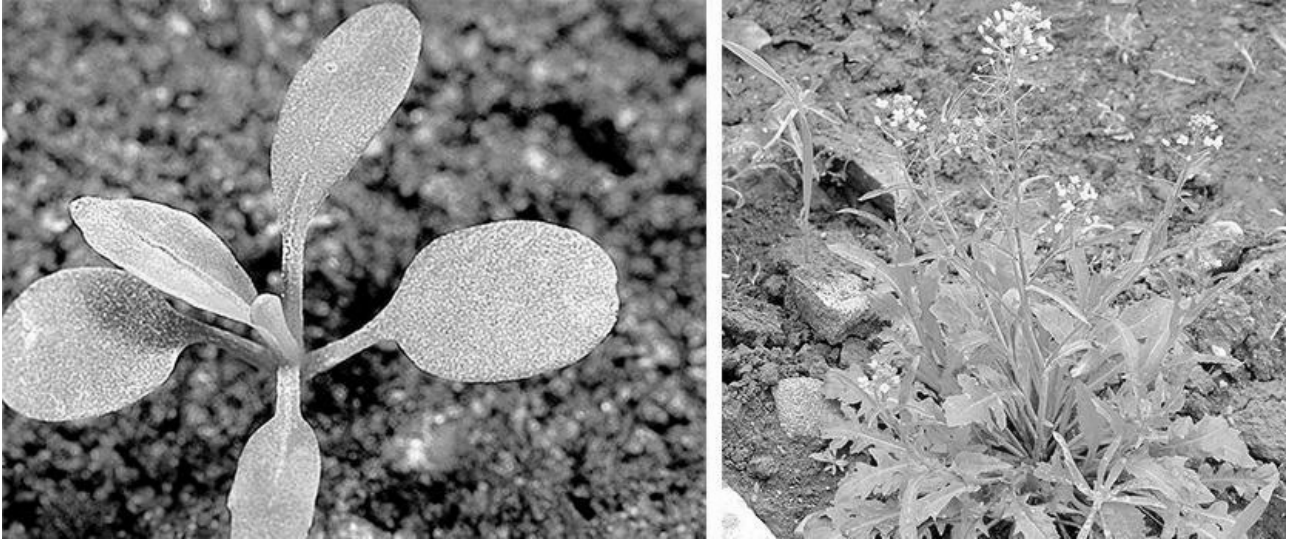
Сходить талабан польовий у березні-травні, а також влітку і восени. Літньо-осінні сходи добре перезимовують. Насіння бур'яну дозріває в червні-серпні. Максимальна плодючість – 50 тис. насінин з однієї рослини. Насіння не має періоду спокою. У ґрунті насіння зберігає життєздатність до 10 років. Проростає із глибини не більше ніж 4–5 см, особливо добре за наявності азоту.

Мінімальна температура проростання насіння становить від +2 до +4°C, оптимальна +20...+24°C. Сходи мають неприємний запах.

Поширений у посівах усіх основних сільськогосподарських культур, на пасовищах, вздовж доріг в усіх ґрунтово-кліматичних зонах.

Найкращими ґрунтами для вегетації талабану польового є багаті на поживні речовини суглинкові ґрунти зі слабокислою реакцією. Насіння містить до 33 відсотків олії, яку можна використовувати для технічних цілей. Якщо зелену масу згодовувати дійним коровам, молочні продукти матимуть запах часнику.

Для обмеження чисельності талабану польового рекомендовано ті ж агротехнічні заходи, що і для контролю ромашки непахучої та волошки синьої.



Грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.)

Однорічний до перестійного (факультативно дворічний, тобто за сприятливих умов зимуючий) насіннєвий із різноманітними формами бур'ян. Стебло прямостояче, гіллясте, пагони прості або відхилені 20–40 см заввишки.

Сім'ядольні листки видовжено-овальної форми, малих розмірів, з короткими черешками, прилягають до поверхні ґрунту. Нижні листки ложкоподібної форми.

Листки, розташовані відразу після нижніх, мають видовжену форму, зубчасті або виїмчасто-лопатові до глибоко надсічених, всі черешкові. Листки на стеблах мають ланцетну форму, здебільшого не розділені, стрілоподібно сидячі.

Суцвіття – квітки білого кольору, дрібні, зібрані у щільне зонтичне суцвіття. Корінь грициків звичайних стрижневого типу, розгалужений, білуватий.

Насіння у формі плоду-стручка. Стручок стиснутий з боків, трикутно-оберненосерцеподібний зі сітчасто-жилкуватими човникоподібними стулками. Форма насінини – овально-складчаста, з невеликою виїмкою у основі.

Стручок має довжину 3–5 мм. Насіння світло- або темно-жовтого кольору. Насінина має довжину 0,75–1, ширину – 0,5, товщину – 0,25 мм. Маса 1000 насінин становить 0,1–0,2 г.

Сходить на початку весни, а також із березня по травень, влітку і восени, з серпня по жовтень. Цвіте в різні періоди: зимуючі форми цвітуть у березні-травні, ярі – у червні-липні. Продукує насіння в червні-серпні (вересні).

Життєздатність у ґрунті зберігається не менше ніж 35 років. Мінімальна температура проростання насіння становить $+1...+2^{\circ}\text{C}$, оптимальна $+15...+26^{\circ}\text{C}$. Сходи з'являються фактично впродовж усього року, найбільше восени, проростання поверхнєве.

Поширений у посівах усіх основних сільськогосподарських культур, а також на луках і пасовищах, вздовж доріг по всій країні. Невибагливий до типу ґрунту, вегетують на всіх ґрунтах.

Для обмеження чисельності грициків звичайних рекомендовано ті ж агротехнічні заходи, що і для контролю ромашки непахучої, волошки синьої та талабану польового.



Кучерявець Софії (*Descurainia sophia* L.)

Однорічний зимуючий насіннєвий бур'ян. Стебло прямостояче, розчепірено-розгалужене, висотою 30–80 см. Сім'ядольні листки видовженої форми, довжиною 3–6 мм, на верхівці тупі, на коротких черешках, в нижній частині вкриті рідкими тонкими волосинками.

Листки сидячі з вушками біля основи, двічі або тричі перистроздільні з лінійно-ланцетними листками. Квітки розміщені на квітконіжках, що у 2–3 рази довші за чашолистки, пелюстки блідо-зеленувато-жовтого кольору, 1,5–2,5 мм завдовжки. Зібрані у видовжену китицю. Корінь стрижневий.

Плід має форму багатонасінного стручка. Форма стручка – двостулкова. Колір плоду – жовтувато-бурий. Плід має довжину 12–25 мм.

Насінина овальної форми, стиснута з боків, дрібногорбкувата. Розмір насінини становить: довжина – 0,75–1,25, ширина – 0,4–0,5, товщина – 0,3 мм. Маса 1000 насінин – 0,2 г.

Сходи бур'яну з'являються в березні-травні, а також у серпні-вересні, добре перезимовують. Цвіте з кінця квітня по серпень. Продукує насіння з червня по жовтень.

Насіннєва продуктивність досягає 850 тис. насінин і більше. Глибина проростання насіння не перевищує 4 см. Зберігає життєздатність у ґрунті до 5 років.

Мінімальна температура проростання насіння становить від +2 до +4°C, оптимальна +10...+16°C.

Поширений у посівах усіх основних сільськогосподарських культур на всій території України.

Росте на різноманітних, особливо на піщаних і легких ґрунтах. Крім того, засмічує пасовища, посадки плодових культур, присадибні ділянки, росте вздовж доріг тощо.

Для обмеження чисельності цього бур'яну рекомендовано ті ж агротехнічні заходи, що і для контролю ромашки непахучої, волошки синьої, талабану польового та грициків звичайних.



Мак дикий (*Papaver rhoeas* L.)

Однорічний зимуючий (тобто факультативно дворічний), жорстко-волосистий, багатий на форми насіннєвий бур'ян, який містить молочний сік.

Стебло бур'яну прямостояче, багатостебельне, грубо відстовбурчено-волосисте до 60 см заввишки. Сім'ядольні листки довгої, вузької, лінійної форми, прилягають до поверхні ґрунту.

Нижні листки (2–3) яйцеподібної форми, загострені, цільнокраї, черешкові без волосинок; наступні листки городчасті, щетинисто-волосисті, спочатку розеткові, далі видовжено-ланцетні, перисторозсічені; верхні листки переважно трійчасті, сидячі.

Суцвіття – поодинокі квітки на верхівці стебел, великі, ніжні, мають 4 яскраво-червоні пелюстки, інколи з темними плямами біля основи, на початку цвітіння поникають. Корінь стрижневого типу.

Плід має форму коробочки. Коробочка округла або обернено-яйцеподібна, без покриття. Насіння має ниркоподібну прямокутно-виїмчасту форму.

Насіння коричневого з червоним відтінком кольору. Колір плода темно-солом'яний або сіро-бурий. Довжина плода 0,75–1, ширина 0,5–0,75, товщина 0,5 мм. Маса 1000 насінин становить 0,1–0,2 г.

Сходи маку дикого з'являються переважно в березні-травні, а літньо-осінні сходи перезимовують без проблем. Цвіте бур'ян у травні-серпні. Продукує насіння з липня по вересень.

Насіннєва продуктивність досягає 50 тис. насінин і більше. В посушливих умовах у насіння маку дикого настає період спокою, який відновлюється лише наступної весни. Загалом період проростання насіння припадає на осінь.

Світлолюбний, проростає з невеликої глибини. Глибина проростання насіння становить не більше ніж 1–1,5 см.

Поширений у посівах усіх основних сільськогосподарських культур на всій території України. Найкращими для поширення бур'яну є насичені вапном, суглинисті та глинисті ґрунти. Росте мак дикий і на степових пасовищах, вздовж доріг тощо.

Для обмеження чисельності маку дикого рекомендовано ті ж агротехнічні заходи, що і для контролю ромашки непахучої, волошки синьої, талабану польового, грициків звичайних та кучерявця Софії.



Підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.)

Однорічний або зимуючий (тобто факультативно дворічний), чіпкий, виткий, грубий та клейкий насіннєвий бур'ян.

Стебло лежаче або повзуче, розгалужене, висотою до 200 см, чотиригранне, грані вкриті притисненими у бік галуження стебла чіпкими волосинками, по вузлах потовщене.

Сім'ядольні листки мають м'ясисту, грубо-чіпку видовжено-овальну форму, з сизим нальотом та втягненими верхівками.

Листки ланцетної форми, на кінцях широкі, до основи звужені, на вузлах стебла зібрані по 6–8 у кільце, вкриті притисненими у бік росту листка гачкоподібними волосинками.

Суцвіття – численні дрібні квітки, білуваті, чотириелементні. Квітки зібрані у пазухах листків у несправжні зонтики, верхні квітконіжки переважно триквіткові. Корінь стрижневий.

Продукує насіння у формі горішка. Форма горішка – округло-ниркоподібна. Плід коричневого кольору, вкритий гачкоподібними щетинками. Розміри насіння становлять: довжина 1,75–3, ширина 1,25–2,25 і товщина 1,5–1,75 мм. Маса 1000 горішків – 3–3,5 г.

Цвіте підмаренник чіпкий із травня по серпень. Продукує насіння у липні-вересні.

Сходи з'являються наступної весни у березні-травні та восени у серпні-вересні. Глибина проростання насіння переважно мала, але інколи може становити до 10 см.

Насіннєва продуктивність може досягати 1200 горішків.

Мінімальна температура проростання насіння становить +1...+2°C.

Поширений бур'ян по всій території країни. Особливо сприяють вегетуванню підмаренника чіпкого суглинкові та глинисті, багаті на поживні речовини ґрунти та власне гумус.



Сокирки польові (*Consolida arvensis* L.)

Сокирки польові – це зимуючий дводольний вид бур'яну.

Стебло у сокирок пряме, висотою 20–80 см, розгалужене, товщиною 1–1,8 мм, циліндричне, зелене, блискуче. Корінь стрижневий, довжиною 5–15 см.

Листки чергові, багаторазово розсічені, нижні – черешкові, верхні – сидячі.

Суцвіття у вигляді квіток неправильної форми, зібрані у нещільну китицю, темно- чи синьо-лілового або фіолетового, як виняток – білого кольору; чашечки з 5 чашолистків, з яких верхній видовжений у шпорку. Пелюстки зрослися в одну, тичинок багато, маточка одна.

Плід листянка, який має пряму дрібноопушену, одногніздову форму. Насінина тригранноклиноподібна, Колір насінини темно-сірий. За розмірами насінина має довжину 2,25–2,5, ширину і товщину 1,5–1,75 мм. Маса 1000 насінин становить 1,25–2 г.

Сходи з'являються у березні-травні, особливо рясно – у серпні-вересні. Літньо-осінні сходи добре перезимовують. Цвіте у червні-серпні.

Плодоносить насіння в липні-серпні. Максимальна плодючість становить 67 100 насінин, вони мають короткий період спокою (один місяць). Можуть проростати із глибини не більше ніж 4–6 см.

Життєздатність у ґрунті насіння зберігається 6 років. Мінімальна температура проростання насіння становить $+3...4^{\circ}\text{C}$, оптимальна $+10...16^{\circ}\text{C}$.

Сокирки польові ростуть повсюди на полях, у садах, вздовж доріг, на пасовищах. Це отруйний вид, медонос. Використовується у лікарська цілях.

Для обмеження чисельності сокирок польових застосовують ті ж агротехнічні заходи, що і для контролю описаних вище видів бур'янів.

Також високий рівень шкідливості можуть проявляти такі зимуючі бур'яни, як бромус житній, грабельки звичайні, глуха кропива пурпурова та стеблообгортаюча, жовтозілля весняне, вероніка плющоліста, тонконіг однорічний, кривоцвіт польовий, латук дикий і компасний, сухоребрик Льозелія, триреберник непахучий, хориспора ніжна, фіалка триколірна, хрінниця смердюча, чистець однорічний, тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Железная Т. А., Морозова А. В. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии. *Промышленная теплотехника*. 2008. Т. 30, № 3. С. 60–67.
2. Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU27 – 2011 / European Biomass Association (AEBIOM). URL: <http://ru.scribd.com/doc/73012151/2011-AEBIOM-Annual-Statistical-Report>
3. European Bioenergy Outlook – 2013 / European Biomass Association (AEBIOM). URL: <http://www.aebiom.org/blog/aebiom-statistical-report-2013>
4. Swedish Government Sveriges Nationella Handlingsplan för främjande av förnybar nergi enligt Direktiv / 2009/28/EG och Kommissionens beslut av den. URL: <http://www.regeringen.se>
5. Tuskan G. A. Short-rotation woody crop supply systems in the United States: what do we know and what do we need to know? *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 14. No. 4. P. 307–315. doi: 10.1016/S0961-9534(97)10065-4
6. European Bioenergy Outlook / European Biomass Association (AEBIOM). URL: http://www.aebiom.org/blog/category/publications/aebiom_reports
7. Börjesson P. Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden: Identification and quantification. *Biomass and Bioenergy*. 1999. Vol. 16, No. 2. P. 137–154. doi: 10.1016/S0961-9534(98)00080-4
8. Энергетическая верба – экологически чистое биотопливо 21 века. *Новини агротехніки*. 2012. № 4. С. 21–23.
9. Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні : монографія. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.
10. Роїк М. В., Сінченко В. М., Фучило Я. Д. та ін. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Вінниця : Нілан ЛТД, 2015. 340 с.
11. Роїк М. В., Гументик М. Я., Мамайсур В. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 18–19.

12. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь : науково-методичні рекомендації. Київ : Логос, 2009. 80 с.
13. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Вербни України (біологія, екологія, використання). Київ : Логос, 2009. 200 с.
14. Argus G. W. Infrageneric classification of *Salix* (Salicaceae) in the New World. *Systematic Botany Monographs*. Ann Arbor, USA : American Society of Plant Taxonomists, 1997. Vol. 52. 121 p.
15. Zomlefer W. B. Guide to Flowering Plant Families. Chapel Hill, N.C. : The University of North Carolina Press, 1994. 430 p.
16. Argus G. W. *Salix* (Salicaceae) distribution maps and a synopsis of their classification in North America, North of Mexico. *Harvard Papers in Botany*. 2007. Vol. 12, Iss. 2. P. 335–368. doi: 10.3100/1043-4534(2007)12[335:SSDMAA]2.0.CO;2
17. Karp A., Hanley S. J., Trybush S. O. et al. Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2011. Vol. 53, Iss. 2. P. 151–165. doi: 10.1111/j.1744-7909.2010.01015.x
18. Барна М. В. Репродуктивна біологія видів і гібридів родини вербових (Salicaceae Mirb.) : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.05 / Тернопіл. держ. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2002. 39 с.
19. Suda Y., Argus G. W. Chromosome numbers of some North American arctic and boreal *Salix*. *Canadian Journal of Botany*. 1969. Vol. 47, Iss. 6. P. 859–862. doi: 10.1139/b69-124
20. Kuzovkina Y. A. Weih M., Romero M. A. et al. *Salix*: botany and global horticulture. *Horticultural reviews* / J. Janick (ed.). Hoboken, New Jersey : John Wiley and Sons, 2008. Vol. 34. P. 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
21. Larsson S. Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 15, Iss. 1. P. 23–26.
22. Aronsson P., Weih M., Ahman I. *Salix* cultivation yields added value – In addition to energy. *Bioenergy – for what and how much* / B. Johansson (ed.). Swedish Research Council Formas, 2008. P. 269–284.

23. Heller M. C., Keoleian G. A., Volk T. A. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass & Bioenergy*. 2003. Vol. 25. P. 147–165.
24. Greene P. R. Weeping Willow Growth Rates Compare with *Salix babylonica* Re-rooted Branch Cuttings. *Journal of Botanical Sciences*. 2016. Vol. 5, Iss. 1. P. 20–23.
25. Smart L. B., Cameron K. D. Genetic improvement of willow (*Salix* spp.) as a dedicated bioenergy crop. *Genetic improvement of bioenergy crops* / W. Vermerris (ed.). New York : Springer, 2008. P. 377–396. doi: 10.1007/978-0-387-70805-8_13
26. Гелету́ха Г. Г., Желёзна Т. А. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Промышленная теплотехника*. 2010. № 3. С. 73–79.
27. Фучило Я. Д. Платаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. Київ : Логос, 2011. 464 с.
28. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Гументик М. Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 1. С. 8–10.
29. Фучило Я. Д., Літвін В. М. Перспективи вирощування енергетичної верби. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 7. С. 69–71.
30. Пришляк Н. В., Волошина Я. В. Енергетична верба – перспективна альтернативна культура для отримання біопалива. *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 14.
31. Handbok för salixodlare. URL: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr250v2.pdf
32. Gustafsson J., Larsson S., Nordh N. Manual för Salixodlare. Framställd av Lantmännen Agroenergi AB/Salix, Örebro / Lantmännen Agroenergi, Sweden. URL: <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>
33. Блюм Я. Б., Гелету́ха Г. Г., Григорюк І. П. та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. 326 с.
34. Trybush S. Willow for Energy: Myths and Reality. *Proc. of 8th Int. Conf. on Biomass for Energy*, Sept. 25–26, 2012, Kyiv, Ukraine.

35. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Przyborowski J. Plon biomasy wierzб krzewiastych pozyskiwany z gruntów rolniczych w cyklach jednorocznych. *Fragmenta Agronomica*. 2004. Vol. 2, Iss. 82. P. 5–18.
36. Гелетуха Г. Р., Железна Т. А. Обзор современных технологий сжигания древесины для выработки тепла и электроэнергии. *Оборудование и инструмент для профессионалов*. 2005. № 3. С. 64–68.
37. Ledin S. Willow wood properties, production and economy. *Biomass and Bioenergy*. 1996. Vol. 11, Iss. 2–3. P. 75–83. doi: 10.1016/0961-9534(96)00022-0
38. Kondor A., Lenti I., Szabó B., Vágvölgyi S. Aspects of “ENERGY WILLOW” (*Salix viminalis* L.) cultivation. *7th Int. Multidisciplinary Conference* (May 17–18, 2007, Baia Mare, Romania). Baia Mare, 2007. P. 343–348.
39. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Мельничук Г. А. Особливості росту дворічних енергетичних плантацій деяких сортів верби прутовидної в умовах Центрального Лісостепу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2016. Вип. 24. С. 93–99.
40. Кунцьо І. О., Гументик М. Я. Вирощування енергетичної верби як сировини для виробництва твердих видів біопалива в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 59–62.
41. Weger J., Vlasák P., Zánová I., Havlíčková K. Výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy. Plantations of Short Rotation Coppice. *Životné prostredie*. 2006. Vol. 40, Iss. 3. P. 137–142.
42. Verwijst T., Nordh N.-E., Lundkvist A. Effekter av sticklingsparametrar på grobarhet och tillväxt i salix. Grödor från åker till energiproduktion. Rapport 1144. Värmeforsk Service AB (Thermal Engineering Research Association), Stockholm, Sweden. 47 p.
43. Swedish Board of Agriculture. *Handbok för salixodlare*. URL: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr250v2.pdf
44. Матвієнко М. М. Плантаційне лісорозведення енергетичної верби – додаткові доходи лісогосподарських підприємств. *Лісівник України*. 2012. № 3–4. С. 5–6.

45. Aronsson P., Rosenqvist H., Dimitriou I. Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *BioEnergy Research*. 2014. Vol. 7, Iss. 3. P. 993–1001. doi: 10.1007/s12155-014-9435-7
46. Helby P., Rosenqvist H., Roos A. Retreat from *Salix* – Swedish experience with energy crops in the 1990s. *Biomass and Bioenergy*. 2006. Vol. 30, Iss. 5. P. 422–427. doi: 10.1016/j.biombioe.2005.12.002
47. Heinsoo K., Dimitriou I., Foellner S., Buergow G. (Eds). Short Rotation Plantations: Guidelines for efficient biomass production with the safe application of wastewater and sewage sludge. Ulster Farmers Union, 2008. 155 p.
48. Tubby I., Armstrong A. Establishment and management of short rotation coppice. Practice note / Forestry commission. Edinburgh, UK, 2002. 12 p.
49. Sage R. Weed competition in willow coppice crops: The cause and extent of yield losses. *Weed Research*. 1999. Vol. 39, Iss. 5. P. 399–411. doi: 10.1046/j.1365-3180.1999.00154.x
50. Mitchell C. P., Stevens E. A., Watters M. P. Short-rotation forestry-operations, productivity and costs based on experience gained in the UK. *Forest Ecology and Management*. 1999. Vol. 121, Iss. 1–2. P. 123–136. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00561-1
51. Parfitt R. I., Arnold G. M., Foulkes A. Weed control in new plantations of short-rotation willow and poplar coppice. *Aspects of Applied Biology*. 1992. Vol. 29. P. 419–424.
52. Sage R. Weed competition in willow coppice crops: The cause and extent of yield losses. *Weed Research*. 1999. Vol. 39, Iss. 5. P. 399–411. doi: 10.1046/j.1365-3180.1999.00154.x
53. Clay D. V., Dixon F. L. Vegetation management in the establishment of poplar and willow short-rotation coppice. *Brighton Crop Protection Conference: Weeds* : Proc. of an Int. Conf. (Nov. 20–23, 1995, Brighton, UK). Brighton, 1995. Vol. 3. P. 979–984.
54. Labrecque M., Teodorescu T. I., Babeux P. et al. Impact of herbaceous competition and drainage conditions on the early productivity of willows under short-

rotation intensive culture. *Canadian Journal of Forest Research*. 1994. Vol. 24, Iss. 3. P. 493–501. doi: 10.1139/x94-066

55. Albertsson J., Verwijst T., Hansson D. et al. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 70. P. 364–372. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.08.003

56. Willoughby I., Clay D. V., Dixon F. L., Morgan G. W. The effect of competition from different weed species on the growth of *Betula pendula* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*. 2006. Vol. 36. P. 1900–1912. doi: 10.1139/x06-075

57. Isebrands J. G., Richardson J. (eds). *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*. Rome, Italy ; Boston, MA : CABI, FAO, 2014. 634 p.

58. Clay D. V., Dixon F. L. Vegetation management in the establishment of poplar and willow short-rotation coppice. *Brighton Crop Protection Conference: Weeds* : Proc. of an Int. Conf. (Nov. 20–23, 1995, Brighton, UK). Brighton, 1995. Vol. 3. P. 979–984.

59. Labrecque M., Teodorescu T., Babeux P. et al. Impact of herbaceous competition and drainage conditions on the early productivity of willows under short-rotation intensive culture. *Canadian Journal of Forest Research*. 1994. Vol. 24, Iss. 3. P. 493–501. doi: 10.1139/x94-066

60. Davies R. J. The importance of weed control and the use of tree shelters for establishing broadleaved trees on grass-dominated sites in England. *Forestry*. 1985. Vol. 58, Iss. 2. P. 167–180. doi: 10.1093/forestry/58.2.167

61. Milovanović J., Babović N., Đorđević A. et al. External and Internal Factors Influencing the Growth and Biomass Production of Short Rotation Woods Genus *Salix* and Perennial Grass *Miscanthus* / Z. Jureková, G. Dražić (Eds). Beograd : Damnjanović i sinovi, 2011. 179 s.

62. Weger J. Topoly a vrby k energetickému užití. URL: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vby-k-energetickemu-uziti>

63. Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M. Wykorzystanie niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.).

Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin. 2009. Vol. 47, Iss. 4. P. 379–391.

64. Czerniakowski Z. W., Czerniakowski Z. Zastosowanie herbicydów w uprawach wikliny. Kopytniki : Wyd. ODR, 1997. 36 s.

65. Dubas J. W., Tomczyk A. Zakładanie, Pielęgnacja i Ochrona Plantacji Wierzb Energetycznych. Warszawa : Wyd. SGGW, 2005. 31 s.

66. Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M. Problem zachwaszczenia plantacji wierzby krzewiastej *Salix viminalis*. *Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin*. 2006. Vol. 46, Iss. 1. P. 81–87.

67. Czerniakowski Z. W. Uwagi i propozycje do zaleceń ochrony wikliny. *Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin*. 2003. Vol. 43, Iss. 1. P. 78–81.

68. Мельников Н. Н. Химия и технология пестицидов. Москва : Химия, 1974. 768 с.

69. Попова Л. М. Химические средства защиты растений. Санкт-Петербург, 2009. 96 с.

70. Baum S., Weih M., Busch G. et al. The impact of short rotation coppice plantations on phytodiversity. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research*. 2009. Vol. 59, Iss. 3. P. 163–170.

71. Matuszkiewicz W. . 540 p.

72. Wróbel M., Gregorczyk A., Wróbel J. The Effect of Chemical Soil Properties on Weed Infestation Structure in Willow (*Salix* L.) Short-Rotation Coppice. *Pol. J. Environ. Stud*. 2012. Vol. 21, Iss. 6. P. 1893–1899.

73. Макух Я. П. Структура забур'яненості та насіннєва продуктивність бур'янів у посадках верби енергетичної. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 178–182.

74. Lundkvis A. Effects of pre- and post-emergence weed harrowing on annual weeds in peas and spring cereals. *Weed Research*. 2009. Vol. 49, Iss. 4. P. 409–416. doi: 10.1111/j.1365-3180.2009.00718.x

75. Lusuriaga A. L., Escudero A., Perez Garcia F. Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). *Weed*

Research. 2006. Vol. 46, Iss. 2. P. 163–174. doi: 10.1111/j.1365-3180.2006.00496.x

76. Maddonni G. A., Otegui M. E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research*. 200. Vol. 85, Iss. 1. P. 1–13. doi: 10.1016/S0378-4290(03)00104-7

77. Maleska S., Bremunes G. Effectivity of reduced dosages of herbicides to weed constitution of spring barley. *Agronomy Research*. 2006. Vol. 4 (special issue). P. 287–292.

78. Ludlow M. M., Muchow R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water-limited environment. *Advances in Agronomy*. 1990. Vol. 43, Iss. 1. P. 107–153. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60477-0

79. Lundkvist A. Effects of pre- and post-emergence weed harrowing on annual weeds in peas and spring cereals. *Weed Research*. 2009. Vol. 49, Iss. 4. P. 409–416. doi: 10.1111/j.1365-3180.2009.00718.x

80. Макух Я. П., Фучило Я. Д. Динаміка процесів забур'янення у посадках верби енергетичної. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 8–9. С. 17–18.

81. Макух Я. П., Ременюк С. О. Особливості видового складу та специфіка появи сходів бур'янів у посадках верби енергетичної. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 4. С. 18–19.

82. Albertsson J. Impact and Control of Weeds in Biomass Willow Clones : Doctoral Thesis / Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp, 2014. 54 p. URL: http://pub.epsilon.slu.se/11583/1/albertsson_j_141008.pdf

83. Gustafsson J., Larsson S., Nordh N. Manual för Salixodlare. Framställt av Lantmännen Agroenergi AB/Salix, Örebro / Lantmännen Agroenergi, Sweden. URL: <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>

84. Kemikalieinspektionen Bekämpningsmedelsregistret. 2012. <http://apps.kemi.se/bkmregoff/>

85. Schulza V., Gauderb M., Seidla F. et al. Impact of different establishment methods in terms of tillage and weed management systems on biomass production of willow grown as short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*. 2016. Vol. 85. P. 327–334. doi: 10.1016/j.biombioe.2015.12.017

86. Борона В. П., Карасевич В. В., Солоненко В. М., Шкатула Ю. М. Спосіб контролю повитиці польової. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 56. С. 54–58.
87. Гулай Т. О. Гігієнічна оцінка поведінки гербіциду циклоксидиму в об'єктах навколишнього середовища. *Сучасні проблеми токсикології*. 2011. № 5. С. 92.
88. McCullough D. E., Agualera A., Tollenaar M. Nuptake, N partitioning, and photo synthetic N-use efficiency of an old and new maize hybrid. *Canadian Journal of Plant Science*. 1994. Vol. 74, Iss. 2. P. 479–484. doi: 10.1139/cjps-2015-0186
89. Meiss H., Munier-Jolain N., Henriot F., Caneill J. Effects of biomass, age and functional traits on regrowth of arable weeds after cutting. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2008. Special Issue (21). P. 493–499.
90. Melander B., Holst N., Jensen P. K. et al. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop ststion, location and herbicide programmes. *Weed Research*. 2007. Vol. 48, Iss. 1. P. 48–57. doi: 1365-3180.2008.00597.x
91. Melander B., Rasmussen K. Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of biennial cultivation system. *Weed Research*. 2000. Vol. 40, Iss. 2. P. 205–218. doi: 10.1046/j.1365-3180.2000.00183.x
92. Menne H., Kocher H. HRAC Classification of herbicides and resistance development. *Modern Crop Protection Compounds* / W. Kramer, U. Schirmer (eds). Weinheim, Germany : Wiley-VCh Verlag GmbH and CO, 2007. Vol. 1. P. 5–26.
93. Макух Я. П., Ременюк С. А. Защита ивы энергетической от сорняков. *Сахарная свекла*. 2017. № 2. С. 24–25.
94. Gustafsson J., Larsson S., Nordh N. Manual för Salixodlare. Framställd av Lantmännen Agroenergi AB/Salix, Örebro / Lantmännen Agroenergi, Sweden. URL: <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>
95. Gustafsson L. Plant conservation aspects of energy forestry – A new type of land use in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 1987. Vol. 21, Iss. 1–2. P. 141–161. doi: 10.1016/0378-1127(87)90078-8

96. Bergkvist P., Ledin S. Effects of the herbicides propaquizafop and primisulfuronmethyl on *Salix* plants and weeds in energy plantations. *Biomass and Bioenergy*. 1997. Vol. 12, Iss. 1. P. 25–33. doi: 10.1016/S0961-9534(96)00056-6
97. Kondor A., Lenti I., Szabó B., Vágvölgyi S. Aspects of “ENERGY WILLOW” (*Salix viminalis* L.) cultivation. *7th Int. Multidisciplinary Conference* (May 17–18, 2007, Baia Mare, Romania). Baia Mare, 2007. P. 343–348.
98. Спиридонов Ю. Я., Ларина Г. Е., Шестаков В. Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. Москва : Печатный Город, 2009. С. 81–117.
99. Miller R. O., Bender B. A. Four years of herbicide trials for shrub willow biomass production systems in the Upper Peninsula of Michigan / Michigan State University. Forest Biomass Innovation Center. Escanaba, Michigan. http://www.esf.edu/outreach/pd/2010/srwc/documents/rmiller_fouryearsofherbicide.pdf
100. Larsen S. U., Jørgensena U., Kjeldsena J. B., Lærkea P. E. Long-term yield effects of establishment method and weed control in willow for short rotation coppice (SRC). *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 71. P. 266–274. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.10.001
101. Moos S. R., Perryman S. A. M., Tatnell L. V. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): theory and practice. *Weed Technology*. 2007. Vol. 21, Iss. 2. P. 300–309. doi: 10.1614/wt-06-087.1
102. Moos S. R., Tatnell L. V., Hull R. et al. Integrated management of herbicide resistance. *Home Grown Cereals Authority Project Report No 466*. HGCA, Stoneigh Park, Warwick, UK, 2010. 115 p.
103. Moss S. R. Non-chemical methods of weed control: benefits and limitations. *Proceedings of the 17th Australisian Weeds Conference* / S. M. Zydenbos (ed.). New Zealand Plant Protection Society, Christchurch, New Zealand, 2010. P. 14–19.
104. Moss S. R., Hull R. Quantifying for the benefit of spring cropping for control of *Alopecurus myosuroides* (black-grass). *Aspects of Applied Biology*, Vol. 117. P. 1–6.

105. Moss S. R., Anderson-Taylor G., Beech P. A. et al. The current status of herbicide-resistant grass and broad-leaved weeds of arable crops in Great Britain. *BCPC International Congress – Crop Science and Technology*. Glasgow, UK, 2005. P. 139–144.
106. Moss S. R., Marschall R., Hull R., Alarcon-Reverte R. Current status of herbicide resistant weeds in the United Kingdom. *Aspects of Applied Biology*. 2011. Vol. 106. P. 1–10.
107. Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M. Wykorzystanie niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.). *Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin*. 2009. Vol. 47, Iss. 4. P. 379–391.
108. Duke S. O. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest Management Science*. 2012. Vol. 68, Iss. 4. P. 505–512. doi: 10.1002/ps.2333
109. Upadhyaya M. K., Blackshaw R. E. (ed.). *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts, and Technology*. Wallingford : Cabi Publishing, 2007. 239 p.
110. Albertsson J. Weed problems and their control in *Salix* for biomass. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science / Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp, 2012. 35 p.
111. Van der Weide R., Bleeker P., Achten V. et al. Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research*. 2008. Vol. 48, Iss. 3. P. 215–224. doi: 10.1111/j.1365-3180.2008.00629.x
112. Ascard J., Fogelberg F. Mechanical in-row weed control in transplanted and direct-sown bulb onions. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2008. Vol. 25, Iss. 3. P. 235–251. doi: 10.1080/01448765.2008.9755051
113. Oreja F. H., De la Fuente E. B. Dinamica poblacional del pasto cuaresma (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) en cultivos de soja de la Pampa Ondulada. *Proc. XVII Congreso de la Asociacion Latinoamericana de Malezas (ALAM) Varadero* (Nov. 8–11, 2005, Matanzas, Cuba). Matanzas, 2005. P. 767–771.

114. Osvald A. K. Impact and control of thistles in grassland. *Weeds, pests and diseases of grassland and herbage legumes* / J. S. Brockman (ed.). Sot. Occasional Symp. No 18, British Crop Protection Council Monograph No 29. London : BCPC Publ., 1985. P. 128–136.

115. Owen M. J., Michael P. J., Renton M. et al. Towards large-scale prediction of *Lolium rigidum* emergence. II. Correlation between dormancy and herbicide resistance levels suggests an impact of cropping systems. *Weed Research*. 2011. Vol. 51, Iss. 2. P. 133–141. doi: 10.1111/j.1365-3180.2010.00835.x

116. Owen M. J., Walsh M. J., Llewellyn R. S., Powles S. B. Widespread occurrence of multiple herbicide resistance in Western Australian annual ryegrass (*Lolium rigidum*) populations. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2007. Vol. 58, Iss. 7. P. 711–718. doi: 10.1071/AR06283

117. Курило В. Л., Журба Г. І. Динаміка росту енергетичної верби в перший рік вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 74–79.

118. Price A. J., Reeves D. W., Lamm D. A. Glyphosate resistant *Palmer amaranth* – a threat to conservation tillage. *Proceedings of Beltwide Cotton Conference*. (Jan. 5–8, 2009, San Antonio, Texas). San Antonio, 2009. P. 1335–1336.

119. Фучило Я. Д., Гументик М. Я., Макух Я. П. Продуктивність енергетичних плантацій верби (*Salix* L.) в умовах Центрального Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 1. <http://journals.urau.ua/index.php/2223-1609/article/view/103960>

120. Pullaro T., Marino P., Jackson D. et al. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006. Vol. 115, Iss. 1–4. P. 97–104. doi.org/10.1016/j.agee.2005.12.021

121. Макух Я. П. Ефективність застосування механічних прийомів контролювання бур'янів у посадках верби енергетичної першого року вегетації. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 1–3. С. 20–22.

122. Іващенко О. О., Макух Я. П., Ременюк С. О. Енергетична верба потребує захисту від бур'янів. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 1. С. 19–23.
123. Powles S. B., Preston C. Evolved Glyphosate Resistance in Plants: Biochemical and Genetic Basis of Resistance. *Weed Technology*. 2006. Vol. 20, Iss. 2. P. 282–289. doi: 10.1614/WT-04-142R.1
124. Prasad M. N. V., Rengel Z. Plant Acclimation and Adaptation to Natural and Anthropogenic Stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998. Vol. 851, Iss. 1. P. 216–223. doi: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb08996.x
125. Primot S., Valantin-Morison M., Makowski D. Predicting the risk of weed infestation in winter oilseed rape crops. *Weed Research*. 2006. Vol. 46, Iss. 1. P. 22–33. doi: 10.1111/j.1365-3180.2006.00489.x
126. Puricelli E., Tuesca D. Weed density and diversity under glyphosate-resistant crop sequences. *Crop Protection*. 2005. Vol. 24, Iss. 6. P. 533–542. doi: 10.1016/j.cropro.2004.10.005
127. Purtauf T., Roschewitz I., Dauber J. et al. Landscape context of organic and conventional farms: influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2005. Vol. 108, Iss. 2. P. 165–174. doi: 10.1016/j.agee.2005.01.005
128. Quested H., Eriksson O. Litter species composition influences the performance of seedlings of grassland herbs. *Functional Ecology*. 2006. Vol. 20, Iss. 3. P. 522–532. doi: 10.1111/j.1365-2435.2006.01131.x
129. Rahkonen J., Pietikonen J., Jokela H. The effects of flame weeding on soil microbial biomass. *Biological Agriculture and Horticulture*. 1999. Vol. 16, Iss. 4. P. 363–368. doi: 10.1080/01448765.1999.9755239
130. Rask A. M., Andreasen C. Influence of mechanical rhizome cutting, rhizome drying and burial at different developmental stages on the regrowth of *Calystegia sepium*. *Weed Research*. 2006. Vol. 47, Iss. 1. P. 84–93. doi: 10.1111/j.1365-3180.2007.00539.x
131. Danfors Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 447 с.
132. Bàrberi P. Weed management in organic agriculture: are we addressing

the right issues? *Weed Research*. 2002. Vol 42, Iss. 3. P. 177–193. doi: 10.1046/j.1365-3180.2002.00277.x

133. Mennan H., Ngouajio M., Isik D., Kaya E. Effects of alternative management systems on weed populations in hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Crop Protection*. 2006. Vol. 25, Iss. 8. P. 835–841. doi: 10.1016/j.cropro.2005.11.007

134. Mennan H., Ngouajio M., Kaya E., Isik D. Weed Management in Organically Grown Kale Using Alternative Cover Cropping Systems. *Weed Technology*. 2009. Vol. 23, Iss. 1. P. 81–88. doi: 10.1614/wt-08-119.1

135. Teasdale J. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*. 1996. Vol. 9, Iss. 4. P. 475–479. doi: 10.2134/jpa1996.0475

136. Reider R. J. Control of seeding emergence by ground cover: a potential mechanism involving seed predation. *Canadian Journal of Botany*. 1991. Vol. 69, Iss. 9. P. 2084–2087. doi: 10.1139/b91-260

137. Ren M. X., Zhang Q. G. The relative generality of plant invasion mechanisms and predicting future invasive plants. *Weed Research*. 2009. Vol. 49, Iss. 5. P. 499–460. doi: 10.1111/j.1365-3180.2009.00723.x

138. Rice E. L. Biological control of selected plants diseases by microorganisms. *Allelopaty J*. 1994. Vol. 2, Iss. . P. 77–89.

139. Richardson D. M., Holmes P. M., Esler K. J. et al. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions*. 2007. Vol. 13, Iss. 1. P. 126–139. Doi: 10.1111/j.1366-9516.2006.00314.x

140. Ritz C., Cedergreen N., Jansen J. E., Streibig J. C. Relative potency in nonsimilar dose–response curves. *Weed Science*. 2006. Vol. 54, Iss. 3. P. 407–412 doi: 10.1614/WS-05-185R.1

141. Robinson T. H. et al. Weeds. *Proc. Of An Intern. Conf. V*. 2001. P. 671–676.

142. Rufty T. W., Huber S. D., Volk R. J. Alterations in leaf carbohydrate metabolism in response to nitrogen stress. *Plant Physiology*. 1988. Vol. 88, Iss. 3. P. 725–730.

143. Arevalo C., Drew A., Volk T. The effect of common Dutch white clover (*Trifolium repens* L.), as a green manure, on biomass production, allometric growth and foliar nitrogen of two willow clones. *Biomass and Bioenergy*. 2005. Vol. 29, Iss. 1. P. 22–31. doi: 10.1016/j.biombioe.2005.02.003
144. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 205 с.
145. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідноконструкторських робіт, нової техніки винаходів і раціоналізаторських пропозицій. Москва : Колос, 1980. 78 с.
146. Шумный В. К., Вепрев С. Г., Нечипоренко Н.Н. и др. Новая форма мискантуса китайского (Веерника китайского *Miscanthus sinensis* Anders.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья. *Вестник ВОГиС*. 2010. Т. 14, № 1. С. 122–126.
147. Lewandowski I., Clifton-Brown J. C., Scurlock J. M. O., Huisman W. Miscanthus: European experience with a novel energy crop. *Biomass & Bioenergy*. 2000. Vol. 19, Iss. 4. P. 209–227. doi: 10.1016/S0961-9534(00)00032-5
148. Lewandowski I., Scurlock J. M. O., Lindyall E., Christou M. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass & Bioenergy*. 2003. Vol. 25, Iss. 4. P. 335–361. doi: 10.1016/S0961-9534(03)00030-8
149. Слынько Н. М., Горячкова Т. Н., Шеховцов С. В. и др. Биотехнологический потенциал новой технической культуры – мискантус сорт Сорановский. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2013. Т. 17, № 4/1. С. 765–771.
150. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. Москва : Наука, 1971. 360 с.
151. Greef J. M., Deuter M. Syntaxonomy of *Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu. *Angewandte Botanik*. 1993. Vol. 67, Iss. 3/4. P. 87–90.
152. Griffiths M. Index of Garden Plant. Oregon : Timber Press, 1994. 1234 p.
153. Sun Q., Lin Q., Yi Z.-L. et al. A taxonomic revision of *Miscanthus* s.l. (Poaceae) from China. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2010. Vol. 164, Iss. 2. P. 178–220. doi: 10.1111/j.1095-8339.2010.01082.x

154. Schneider L. C. Plant invasions in an agricultural frontier: linking satellite, ecological and household survey data. *Land Change Science in the Tropics* / A. Millington, W. Jepson (eds). Boston, MA : Springer, 2008. P. 117–141. doi: 10.1007/978-0-387-78864-7_7
155. Seal A. N., Pratley J. E., Haig T. J. Can results from a laboratory bioassay be used as an indicator of field performance of rice cultivars with allelopathic potential against *Damasonium minus* (starfruit)? *Australian Journal of Agricultural Research*. 2008. Vol. 59, Iss. 2. P. 183–188. doi: 10.1071/AR06333
156. Seely C. I. Controlling perennial weeds with tillage. *Idaho Agricultural Experimental Station Bulletin*. 1952. 288 p.
157. Swanton C. J., Booth B. D., Chandler K., Clements D. R. Management in a modified no-tillage corn–soybean–wheat rotation influences weed population and community dynamics. *Weed Science*. 2006. Vol. 54, Iss. 1. P. 47–58. doi: 10.1614/WS-05-013R1.1
158. Simmarmata M., Penner D. The basis for glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) from California. *Weed Science*. 2008. Vol. 56, Iss. 2. P. 181–188. doi: 10.1614/WS-07-057.1
159. Sinden J., Jones R., Odom D. et al. The economic impact of weeds in Australia. Report to the CRC for Australian Weed Management. *CRC for Australian Weed Management Technical Series No 8*. Adelaide, 2004. 65 p.
160. Hodkinson T. R., Chase M. W., Lledó M. D. et al. Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnLintron and trnL-F intergenic spacers. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2002. Vol. 115, Iss. 5. P. 381–392. doi: 10.1007/s10265-002-0049-3
161. Роїк М. В., Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових*. 2015. Вип. 21. С. 249–254.
162. Шумный В. К., Вепрев С. Г., Нечипоренко Н. Н. и др. Новая форма мискантуса китайского как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья. *Вестник ВОГиС*. 2010. Т. 14, № 1. С. 122–126.

163. Jiangyan Yu., Zhang J., He M. et al. Biology, pretreatment and genetic development of *Miscanthus sinensis*, a biomass crop with great potential in China. *Journal of Botanical Sciences*. 2015. Vol. 4, Iss. 1. P. 8–17.
164. Цвелев Н. Н. Род 166. Веерник – *Miscanthus*. *Злаки СССР* / отв. ред. А. А. Федоров. Ленинград : Наука, 1976. С. 692–694.
165. Открытый иллюстрированный атлас сосудистых растений России и сопредельных стран. URL: <http://www.plantarium.ru/page/view/item/41884.html>
166. Щербакова Т. О., Рахметов Д. Б. Морфологічні особливості монокарпічних пагонів видів роду *Miscanthus* Anderss. у зв'язку з інтродукцією в Лісостепу та Поліссі України. *Інтродукція рослин*. 2014. № 2. С. 3–9.
167. Ціпоренко О. Л. Особливості кореневої системи енергетичних рослин видів роду *Miscanthus* в умовах Житомирського Полісся. *Актуальні проблеми ботаніки та екології* : матеріали Міжнародної конференції молодих учених (м. Умань, 9–12 вересня 2014 р.). Умань : Видавець «Сочінський», 2014. С. 165–166.
168. Ціпоренко О. Л., Рахметов Д. Б. Перспективи інтродукції видів роду *Miscanthus* в умовах Житомирського Полісся. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2013. № 1, Т. 1. С. 275–280.
169. Hodkinson T. R., Chase M. W., Takahashi C. et al. The use of dna sequencing (ITS and trnL-F), AFLP, and fluorescent in situ hybridization to study allopolyploid *Miscanthus* (Poaceae). *American Journal of Botany*. 2002. Vol. 89, Iss. 2. P. 279–286. doi: 10.3732/ajb.89.2.279
170. McKervey Z., Woods V. B., Easson D. L. *Miscanthus* as an energy crop and its potential for Northern Ireland: A review of current knowledge. Global Research Unit, AFBI, 2008. No. 8. 80 p.
171. Steckel L. E., Main C. L., Ellis A. T., Mueller T. C. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Tennessee ha low level glyph sate resistance. *Weed Technology*. 2008. Vol. 22, Iss. 1. P. 119–123.
172. Stinchombe J. R., Schmitt J. Ecosystem engeneers as selective agents: the effects of leaf litter on emergence time and early growth in *Impatiens capensis*.

Ecology Letters. 2006. Vol. 9, Iss. 3. P. 258–270. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00872.x

173. Swanton C. J., Booth B. D. Management of weed seed banks in the context of populations and communities. *Weed Technology*. 2004. Vol. 18, Iss. . P. 1496–1502.

174. Teastdale J. R., Mangum R. W., Radhakrishnan J., Cavigelli M. A., Weed seed bank dynamics in three organic farming crop rotations. *Agronomy Journal*. 2004. Vol. 96, Iss. 5. P. 1429–1435. doi: 10.2134/agronj2004.1429

175. Tee Jet Каталог SO-RU. Tee Jet Technologies. A Spraying Systems Company. 2007.

176. Teyker R. N., Moll K. H., Janson W. A. Differences among prolific maize hybrids in the effects of lower leaf removal. *Maydica*. 1991. Vol. 36, Iss. 1. P. 1–10.

177. Lewandowski I. Propagation method is an important factor in the growth and development of *Miscanthus* × *giganteus*. *Industrial Crops and Products*. 1998. Vol. 8, Iss. 3. P. 229–245. doi: 10.1016/S0926-6690(98)00007-7

178. Rowe R. L., Street N. R., Taylor G. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13, Iss. 1. P. 271–290. doi: 10.1016/j.rser.2007.07.008

179. Зинченко В., Яшин М. Энергия мискантуса. *ЛесПромИнформ*. 2011. № 6. С. 61–68.

180. Hromádka L., Vranová V., Techer D. et al. Composition of root exudates of *Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculture Mendeliana Brunensis*. 2012. Vol. 58, Iss. 1. P. 71–76. doi: 10.11118/actaun201058010071

181. Steckel L. E., Main C. L., Ellis A. T., Mueller T. C. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Tennessee ha low level glyph sate resistance. *Weed Technology*. 2008. Vol. 22, Iss. 1. P. 119–123.

182. Stinchombe J. R., Schmitt J. Ecosystem engeneers as selective agents: the effects of leaf litter on emergence time and early growth in *Impatiens capensis*.

Ecology Letters. 2006. Vol. 9, Iss. 3. P. 258–270. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00872.x

183. Swanton C. J., Booth B. D. Management of weed seed banks in the context of populations and communities. *Weed Technology*. 2004. Vol. 18, Iss. . P. 1496–1502.

184. Teastdale J. R., Mangum R. W., Radhakrishnan J., Cavigelli M. A., Weed seed bank dynamics in three organic farming crop rotations. *Agronomy Journal*. 2004. Vol. 96, Iss. 5. P. 1429–1435. doi: 10.2134/agronj2004.1429

185. Tee Jet Каталог SO-RU. Tee Jet Technologies. A Spraying Systems Company. 2007.

186. Teyker R. N., Moll K. H., Janson W. A. Differences among prolific maize hybrids in the effects of lower leaf removal. *Maydica*. 1991. Vol. 36, Iss. 1. P. 1–10.

187. Figala J., Vranová V., Rejšek K., Formánek P. Giant miscanthus (*Miscanthus* × *giganteus* Greef Et Deu.) – A Promising Plant for Soil Remediation: A Mini Review. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2015. Vol. 63, Iss. 6. P. 2241–2246. doi: 10.11118/201563062241

188. Técher D., Laval-Gilly P., Henry S. et al. Contribution of *Miscanthus* × *giganteus* root exudates to the biostimulation of PAH degradation: An in vitro study. *Science of the Total Environment*. 2011. Vol. 409, Iss. 20. P. 4489–4495. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.06.049

189. Hansen E. M., Christensen B. T., Jensen L. S., Kristensen K. Carbon sequestration in soil beneath long-term *Miscanthus* plantations as determined by ¹³C abundance. *Biomass and Bioenergy*. 2004. Vol. 26, Iss. 2. P. 97–105. doi: 10.1016/S0961-9534(03)00102-8

190. Блюм Я. Б., Гелетуха Г. Г., Григорюк І. П. та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. 326 с.

191. Torra J., Gonzales-Andujart J. L., Recasens J. (2007). Modelling the population dynamics of *Papaver rhoeas* under various weed management systems in a Mediterranean climate. *Weed Research*. Vol. 48, Iss. 2. P. 136–146. doi: 10.1111/j.1365-3180.2007.00610.x

192. Torresen K. S., Fykse H., Rafoss T. Autumm growth of *Elytriga repens*, *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* at high latitudes in an outdoor pot experiment. *Weed Research*. 2010. Vol. 50, Iss. . P. 353–363. doi: 10.1111/j.1365-3180.2010.00791.x
193. Troyer A. F. Breeding corn for heat and drought tolerance. *Proceedings 38th of the Annual Corn and Sorghum Research Conference* (Chicago, Dec. 7–8, 1983). Washington, DC: ASTA, P. 128–143.
194. Tsai C. L., Dweikat I., Tsai C. Y. Effects of source supply and sink demand on the carbon and nitrogen ratio in maize kernels. *Maydica*. 1990. Vol. 35, Iss. 4. P. 391–397.
195. Tscharnke T., Klein A. M., Kruess A. et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*. 2005. Vol. 8, Iss. 8. P. 857–874. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x
196. Van Evert F. K., Polder G., Van der Heijden G. W. A. M. et al. Real-time vision-based detection of *Rumex obtusifolius* in grassland. *Weed Research*. 2009 Vol. 49, Iss. 2. P. 164–174. doi: 10.1111/j.1365-3180.2008.00682.x
197. Dohleman F. G., Long S. P. More productive than maize in the midwest: how does *Miscanthus* do it? *Plant Physiology*. 2009. Vol. 150, Iss. 4. P. 2104–2115. doi: 10.1104/pp.109.139162
198. Matyka M. Produkcyjne i ekonomiczne aspekty uprawy roślin wieloletnich na cele energetyczne. Puławy : IUNG-PIB Puławy, 2013. 94 p.
199. Lewandowski I., Heinz A. Delayed harvest of miscanthus–influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 19, Iss. 1. P. 45–63. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00018-7
200. Danalatos N. G., Archontoulis S. V. Influence of plant density and N. Fertilisation on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* under Central Greek conditions. *Proc. of Second World Biomass Conference* (Rome, Italy, May 10–14, 2004). Rome, 2004. Vol. 1. P. 327–330.

201. Schwarz H., Liebhard P., Ehrendorfer K., Ruckenbauer P. The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'. *Industrial Crops and Products*. 1994. Vol. 2, Iss. 3. P. 153–159. doi: 10.1016/0926-6690(94)90031-0
202. Christian D. G., Riche A. B., Yates N. E. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus* × *giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. *Industrial Crops and Products*. 2008. Vol. 28, Iss. 3. P. 320–327. doi: 10.1016/j.indcrop.2008.02.009
203. Watt M. S., Kroticos D. J., Manning L. K. The Current and future potential distribution of *Melaleuca quinquenervia*. *Weed Research*. 2009. Vol. 49, Iss. 4. P. 381–390. doi: 10.1111/j.1365-3180.2009.00704.x
204. Webster T. M. Weed survey – southern states. *Proceedings of the Southern Weed Science Society*. 2005. Vol. 58. P. 291–306.
205. Weideman G. J., Templeton G. E. Efficacy and soil persistence of *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitaceae* for control of Texas gourd (*Cucurbit atexana*). *Plant Disease*. 1988. Vol. 72. P. 36–38.
206. Weiland R. T., T.C. Maize use of ¹⁵N applied prior to, at or after anthesis. *Agron. Abstracts*. 1990. Vol. 82, Iss. 1. P. 133.
207. Werth J. A., Preston C., Taylor I. N. et al. Management the risk of glyphosate resistance in Australian glyphosate-resistant cotton production systems. *Pest Management Science*. 2008. Vol. 64, Iss. 4. P. 417–421. doi: 10.1002/ps.1508
208. Westgate M. E., Bouer J. S. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. *Crop Science*. 1985. Vol. 25, Iss. 5. P. 762–769. doi: 10.2135/cropsci1985.0011183X0025000500010x
209. Stępień W., Górka E. B., Pietkiewicz S., Kalaji M. H. Long-term mineral fertilization impact on chemical and microbiological properties of soil and *Miscanthus* × *giganteus* yield. *Plant, Soil and Environment*. 2014. Vol. 60, Iss. 3. P. 117–122. doi: 10.17221/890/2013-PSE
210. Dierking R. M., Allen D. J., Brouder S. M., Volenec J. J. Yield, biomass composition, and N use efficiency during establishment of four *Miscanthus* × *giganteus* genotypes as influenced by N management. *Biomass and Bioenergy*. 2016. Vol. 91. P. 98–107. doi: 10.1016/j.biombioe.2016.05.005

211. Cadoux S., Riche A. B., Yates N. E., Machet J. M. Nutrient requirements of *Miscanthus* × *giganteus*: conclusions from a review of published studies. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 38. P. 14–22. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.01.015
212. Liu Y., Yang H., Ludewig U. Dynamic Element Concentrations and Similar Proteome of the Rhizome and Root of *Miscanthus* × *giganteus*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2014. Vol. 2, Iss. 4. P. 139. doi: 10.4172/2329-9029.1000139
213. Himken M., Lammel J., Neukirchen D. et al. Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil*. 1997. Vol. 189, Iss. 1. P. 117–126. doi: 10.1023/A:1004244614537
214. Mun H. T. Comparison of primary production and nutrients absorption by a *Miscanthus sinensis* community in different soils. *Plant and Soil*. 1988. Vol. 112, Iss. 1. P. 143–149. doi: 10.1007/BF02181764
215. McCalmont J. P., Hastings A., McNamara N. P. et al. Environmental costs and benefits of growing *Miscanthus* for bioenergy in the UK. *Global Change Biology. Bioenergy*. 2015. Vol. 9, Iss. 3. P. 489–507. doi: 10.1111/gcbb.12294
216. Shield I. F., Barraclough T. J.-P., Riche A. B., Yates N. E. The yield and quality response of the energy grass *Miscanthus* × *giganteus* to fertiliser applications of nitrogen, potassium and sulphur. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 68. P. 185–194. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.06.007
217. Chemical Control of Chinese Silvergrass (*Miscanthus sinensis* Anderss.). http://weedscience.ca.uky.edu/files/chemical_control_of_chinese_silvergrass_2006.pdf
218. Гументик М. Я., Хіврич О. Б., Квак В.М., Замойський О. І. Ефективність впливу способів захисту від бур'янів на ріст і розвиток рослин міскантусу в умовах західної частини Лісостепу України. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 24–27.
219. *Miscanthus best practice guidelines* / B. Caslin, J. Finnan, L. Easson (eds) ; Teagasc & Agri-Food and Bioscience Institute. 2011. 52 p.

220. Christian D. G. Quantifying the yield of perennial grasses grown as a biofuel for energy generation. *Renewable Energy*. 1994. Vol. 5, Iss. 5–8. P. 762–766. doi: 10.1016/0960-1481(94)90083-3

221. Milovanović J., Babović N., Đorđević A. et al. External and Internal Factors Influencing the Growth and Biomass Production of Short Rotation Woods Genus *Salix* and Perennial Grass *Miscanthus* / Z. Jureková, G. Dražić (Eds). Beograd : Damnjanović i sinovi, 2011. 179 s.

222. Smeets E. M. W., Lewandowski I. M., Faaij A. P. C. The economical and environmental performance of miscanthus and switchgrass production and supply chains in a European setting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009. Vol. 13, Iss. 6–7. P. 1230–1245. doi 10.1016/j.rser.2008.09.006

223. McKervey Z., Woods V. B., Easson D. L. *Miscanthus* as an energy crop and its potential for Northern Ireland: A review of current knowledge. Global Research Unit, AFBI, 2008. No. 8. 80 p.

224. Sekutowski T., Rola J. Zbiorowiska chwastów i ich zwalczanie na plantacji *Miscanthus giganteus*. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2009. Vol. 253. P. 331–340.

225. Končėková L., Fehér A., Halmová D. Ecological and socio-economic evaluation of weed vegetation in stands of energy grass *Miscanthus* × *giganteus*. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2014. Vol. 62, Iss. 5. P. 985–990. doi: 10.11118/actaun201462050985

226. Lesur-Dumolin C., Lorin M., Bazot M. et al. Analysis of young *Miscanthus* × *giganteus* yield variability: A survey of farmers' fields in east central France. *GCB Bioenergy*. 2016. Vol. 8, Iss. 1. P. 122–135. doi: 10.1111/gcbb.12247

227. Buhler D. D., Netzer D. A., Riemenschneider D. E., Hartzler R. G. Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol 4, Iss. 4. P. 385–394. doi: 10.1016/S0961-9534(97)10075-7

228. Clapham S. J., Slater F. M. The biodiversity of established biomass grass crops. Aspects of Applied Biology. *Biomass and energy crops III* : AAB conference /

E. Booth, M. Green, A. Karp et al. (eds). (Sand Hutton, Dec. 10–12, 2008). Sand Hutton, UK, 2008. Vol. 90. P. 325–329.

229. Макух Я. П., Ременюк С. О. Специфіка появи сходів бур'янів у посівах міскантусу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агрономія*. 2016. Вип. 210, Ч. 1. С. 63–67.

230. Іващенко О. О., Макух Я. П., Ременюк С. О. Ефективність застосування систем хімічного захисту від бур'янів насаджень міскантусу гігантського першого року вегетації. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 4–6.

231. Feledyn-Szewczyk B., Matyka M., Staniak M. Diversity of weed flora, selected biometric characteristics and yielding of *Miscanthus* spp. cultivated on light and heavy soil. *Acta Agrobotanica*. 2014. Vol. 67, Iss. 1. P. 67–76. doi: 10.5586/aa.2014.005

232. Maksimović J., Pivić R., Stanojković-Sebić A. et al. Planting density impact on weed infestation and the yield of *Miscanthus* grown on two soil types. *Plant, Soil and Environment*. 2016. Vol. 62, Iss. 8. P. 384–388. doi: 10.17221/234/2016-PSE

233. Borkowska H., Molas R. Weeds density of perennial energy crop species as dependent on plantation maturity. *Acta Agrophysica*. 2010. Vol. 15, Iss. 1. P. 13–21.

234. *Miscanthus best practice guidelines* / B. Caslin, J. Finnan, L. Easson (eds) ; Teagasc & Agri-Food and Bioscience Institute. 2011. 52 p.

235. Thiemann R. Produktionstechnik von *Miscanthus*. *Symposium Miscanthus – Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung, Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe"*. (Dec. 6–7, 1994, Münster). Münster, Germany : Landwirtschaftsverlag. 1995. Vol. 4. P. 103–112.

236. *Miscanthus best practice guidelines* / B. Caslin, J. Finnan, L. Easson (eds) ; Teagasc & Agri-Food and Bioscience Institute. 2011. 52 p.

237. Planting and Managing Giant *Miscanthus* as a Biomass Energy Crop. *Technical Note No. 4, July 2011*. URL: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044768.pdf

238. Serafin F., Ammon H. U. Unkrautbekämpfung in Chinaschilf. *Die Grüne*. 1995. Vol. 6, Iss. 1. P. 1–18.

239. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М. та ін. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 2. С. 31–34.
240. Dželetović Ž., Dražić G., Blagojević S., Mihailović N. Prospects of using bioenergy crop *Miscanthus* × *giganteus* in Serbia. *Agricultural Engineering*. 2006. Vol. 31. P. 107–115.
241. Anderson E. K., Voigt T. B., Bollero G. A., Hager A. G. *Miscanthus* × *giganteus* Response to Tillage and Glyphosate. *Weed Technology*. 2011. Vol. 25, Iss. 3. P. 356–362. doi: 10.1614/WT-D-10-00097.1
242. Lewandowskia I., Clifton-Brown J. C., Scurlock J. M. O., Huisman W. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass & Bioenergy*. 2000. Vol. 19, Iss. 4. P. 209–227. doi: 10.1016/S0961-9534(00)00032-5
243. Chemical Control of Chinese Silvergrass (*Miscanthus sinensis* Anderss.). http://weedscience.ca.uky.edu/files/chemical_control_of_chinese_silvergrass_2006.pdf
244. Styles D., Thorne F., Jones M. Energy Crops in Ireland: An economic comparison of willow and *Miscanthus* production with conventional farming systems. *Biomass and Bioenergy*. 2008. Vol. 32, Iss. 5. P. 407–421. doi: 10.1016/j.biombioe.2007.10.012
245. *Miscanthus*: For Energy and Fibre / M. B. Jones, M. Walsh (eds). , London : Earthscan, 2009. 192 p.
246. Anderson E., Arundale R., Maughan M. et al. Growth and agronomy of *Miscanthus* × *giganteus* for biomass production. *Biofuels*. 2011. Vol. 2, Iss. 1. P. 71–87. doi: 10.4155/bfs.10.80
247. Anderson E. K., Voigt T. B., Bollero G. A., Hager A. G. *Miscanthus* × *giganteus* response to preemergence and postemergence herbicides. *Weed Technology*. 2010. Vol. 24, Iss. 4. P. 453–460. doi: 10.1614/WT-D-10-00044.1
248. Everman W. J., Lindsey A. J., Henry G. M. Response of *Miscanthus* × *giganteus* and *Miscanthus sinensis* to Postemergence Herbicides. *Weed Technology*. 2011. Vol. 25, Iss. 3. P. 398–403. doi: 10.1614/WT-D-11-00006.1

249. Anderson E., Arundale R., Maughan M. et al. Growth and agronomy of *Miscanthus* × *giganteus* for biomass production. *Biofuels*. 2011. Vol. 2, Iss. 1. P. 71–87. doi: 10.4155/bfs.10.80
250. Bullard M. J., Nixon P. M. I., Kilpatrick J. B. et al. Principles of weed control in *Miscanthus* spp. under contrasting field conditions. *Brighton crop protection conference: weeds* : Proceedings of an international conference (Brighton, Nov. 20–23, 1995). Brighton, UK, 1995. Vol. 3. P. 991–996.
251. Speller C. S. Weed control in *Miscanthus* and other annually harvested biomass crops for energy or industrial use. *Brighton crop protection conference: Weeds* : Proceedings of an international conference (Brighton, Nov. 22–25, 1993). Brighton, UK, 1993. Vol. 2. P. 671–676.
252. Li X., Grey T. L., Blanchett B. H., Lee R. D. Tolerance Evaluation of Vegetatively Established *Miscanthus* × *giganteus* to Herbicides. *Weed Technology*. 2013. Vol. 27, Iss. 4. P. 735–740. doi: 10.1614/WT-D-13-00050.1
253. Sekutowski T., Rola J. Zbiorowiska chwastów i ich zwalczanie na plantacji *Miscanthus giganteus*. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 2009. Vol. 253. P. 331–340.
254. Recommended Chemicals for weed and brush control. URL: <http://www.uaex.edu/publications/pdf/mp44/miscanthus-other-biofuel-crops.pdf>.
255. Anderson E. K. Herbicide phytotoxicity response and eradication studies in *Miscanthus* × *giganteus* / Univ. Illinois, Urbana, Illinois. URL: <http://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/18498.pdf>
256. Anderson E. K., Voigt T. B., Bollero G. A., Hager A. G. *Miscanthus* × *giganteus* response to preemergence and postemergence herbicides. *Weed Technology*. 2010. Vol. 24, Iss. 4. P. 453–460. doi: 10.1614/WT-D-10-00044.1
257. Anderson E. K., Hager A. G., Lee D. K., Allen D. J. Response of Seeded *Miscanthus* × *giganteus* to PRE and POST Herbicides. *Weed Technology*. 2015. Vol. 29, Iss. 2. P. 274–283. doi: 10.1614/WT-D-14-00099.1
258. Новожилов К. В., Долженко В. Средства защиты растений [Пестициды]. Москва : Агрорус, 2011. 243 с.

259. Pyter R., Voigt T., Heaton E. et al. Growing Giant Miscanthus in Illinois. A Growers Guide / University of Illinois. URL: <http://miscanthus.illinois.edu/wp-content/uploads/growersguide.pdf>

260. Dzeletovic Z. Uticaj azota i gustine zasada na morfološke osobine i prinos biomase vrste *Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu (Doktorska disertacija) / Poljoprivredni fakultet. Beograd, 2010. 122 p.

261. Dražić G., Milovanović J., Ikanović J., Glamočlija Đ. Uticaj agroekoloških činilaca na produkciju biomase miskantusa (*Miscanthus giganteus*). *Journal of Scientific Agricultural Research*. 2010. Vol. 71, Iss. 1. P. 81–85.

262. Макух Я. П. Способы борьбы с сорняками в посевах мискантуса. *Сахарная свекла*. 2015. № 9. С. 29–30.

263. Макух Я. П., Ременюк С. О. Ефективність дії гербіцидів у посівах міскантусу першого року життя. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 2–3. С. 24–26.

264. Макух Я. П., Ременюк С. О. Контролювання бур'янів у посівах міскантусу. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 1. С. 7–8.

265. Anderson E. K Herbicide phytotoxicity response and eradication studies in *Miscanthus* × *giganteus* / Univ. Illinois, Urbana, Illinois. URL: <http://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/18498.pdf>

266. Caslin B. Energy crops agronomy – lessons to date. *Energy Crops Manual Teagasc* / The Irish Agric. Food Devel. URL: http://www.teagasc.ie/publications/2010/20100223/Manual_Final_10feb10.pdf

267. Anderson E., Arundale R., Maughan M. et al. Growth and agronomy of *Miscanthus* × *giganteus* for biomass production. *Biofuels*. 2011. Vol. 2, Iss. 1. P. 71–87. doi: 10.4155/bfs.10.80

268. Патент на корисну модель № 100457 Україна, МПК А 01 В 79/00, А 01 N 25/00 (2015.01). Спосіб захисту посівів міскантусу від бур'янів / Макух Я. П., Іващенко О. О., Сінченко В. М. ; заявник та власник : ІБКІЦБ НААН. № u2015 01146 ; заявл. 12.02.2015 ; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 14.

269. Макух Я. П. Заходи механічного захисту посівів міскантусу гігантського від бур'янів. *Агробіологія*. 2016. Вип. 2. С. 108–114.

270. Железная Т. А., Морозова А. В. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии. *Промышленная теплотехника*. 2008. Т. 30, № 3. С. 60–67.

271. Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU27 – 2011 / European Biomass Association (AEBIOM). URL: <http://ru.scribd.com/doc/73012151/2011-AEBIOM-Annual-Statistical-Report>

272. European Bioenergy Outlook – 2013 / European Biomass Association (AEBIOM). URL: <http://www.aebiom.org/blog/aebiom-statistical-report-2013>

273. Swedish Government Sveriges Nationella Handlingsplan för främjande av förnybar nergi enligt Direktiv / 2009/28/EG och Kommissionens beslut av den. URL: <http://www.regeringen.se>

274. Tuskan G. A. Short-rotation woody crop supply systems in the United States: what do we know and what do we need to know? *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 14. No. 4. P. 307–315. doi: 10.1016/S0961-9534(97)10065-4

275. European Bioenergy Outlook / European Biomass Association (AEBIOM). URL: http://www.aebiom.org/blog/category/publications/aebiom_reports

276. Börjesson P. Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden: Identification and quantification. *Biomass and Bioenergy*. 1999. Vol. 16, No. 2. P. 137–154. doi: 10.1016/S0961-9534(98)00080-4

277. Энергетическая верба – экологически чистое биотопливо 21 века. *Новини агротехніки*. 2012. № 4. С. 21–23.

278. Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.

279. Роїк М. В., Сінченко В. М., Фучило Я. Д. та ін. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Вінниця : Нілан ЛТД, 2015. 340 с.

280. Роїк М. В., Гументик М. Я., Мамайсур В. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 18–19.

281. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь : науково-методичні рекомендації. Київ : Логос, 2009. 80 с.

282. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Вербни України (біологія, екологія, використання). Київ : Логос, 2009. 200 с.
283. Argus G. W. Infrageneric classification of *Salix* (Salicaceae) in the New World. *Systematic Botany Monographs*. Ann Arbor, USA : American Society of Plant Taxonomists, 1997. Vol. 52. 121 p.
284. Zomlefer W. B. Guide to Flowering Plant Families. Chapel Hill, N.C. : The University of North Carolina Press, 1994. 430 p.
285. Argus G. W. *Salix* (Salicaceae) distribution maps and a synopsis of their classification in North America, North of Mexico. *Harvard Papers in Botany*. 2007. Vol. 12, Iss. 2. P. 335–368. doi: 10.3100/1043-4534(2007)12[335:SSDMAA]2.0.CO;2
286. Karp A., Hanley S. J., Trybush S. O. et al. Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2011. Vol. 53, Iss. 2. P. 151–165. doi: 10.1111/j.1744-7909.2010.01015.x
287. Барна М. В. Репродуктивна біологія видів і гібридів родини вербових (Salicaceae Mirb.): автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.05 / Тернопіл. держ. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2002. 39 с.
288. Suda Y., Argus G. W. Chromosome numbers of some North American arctic and boreal *Salix*. *Canadian Journal of Botany*. 1969. Vol. 47, Iss. 6. P. 859–862. doi: 10.1139/b69-124
289. Kuzovkina Y. A. Weih M., Romero M. A. et al. *Salix*: botany and global horticulture. *Horticultural reviews* / J. Janick (ed.). Hoboken, New Jersey : John Wiley and Sons, 2008. Vol. 34. P. 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
290. Larsson S. Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 15, Iss. 1. P. 23–26.
291. Aronsson P., Weih M., Ahman I. *Salix* cultivation yields added value – In addition to energy. *Bioenergy – for what and how much* / B. Johansson (ed.). Swedish Research Council Formas, 2008. P. 269–284.
292. Heller M. C., Keoleian G. A., Volk T. A. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass & Bioenergy*. 2003. Vol. 25. P. 147–165.

293. Greene P. R. Weeping Willow Growth Rates Compare with *Salix babylonica* Re-rooted Branch Cuttings. *Journal of Botanical Sciences*. 2016. Vol. 5, Iss. 1. P. 20–23.
294. Smart L. B., Cameron K. D. Genetic improvement of willow (*Salix* spp.) as a dedicated bioenergy crop. *Genetic improvement of bioenergy crops* / W. Vermerris (ed.). New York : Springer, 2008. P. 377–396. doi: 10.1007/978-0-387-70805-8_13
295. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Промышленная теплотехника*. 2010. № 3. С. 73–79.
296. Фучило Я. Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. Київ : Логос, 2011. 464 с.
297. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Гументик М. Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 1. С. 8–10.
298. Фучило Я. Д., Літвін В. М. Перспективи вирощування енергетичної верби. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 7. С. 69–71.
299. Пришляк Н. В., Волошина Я. В. Енергетична верба – перспективна альтернативна культура для отримання біопалива. *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 14.
300. Ермантраут Е. Р., Бобро М. А., Гопцій Т. І. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії. Харків, 2008. 64 с.
301. Lemerle D., Cousens R. D., Gill G. D., Peltzer S. J. Reliability of higher seeding rates of wheat for increased competitiveness with weeds in low rainfall environments. *Journal of Agricultural Science*. 2004. Vol. 142, Iss. 4. P. 395–409. doi: 10.1017/S002185960400454X
302. Leon R. G., Knapp A. D., Owen M. D. K. Effect of temperature on the germination of common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*), giant foxtail (*Setaria faberi*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*. 2004. Vol. 52, Iss. 1. P. 67–73.
303. Lichtenthaler H. K. The stress concept in plants: an introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998. Vol. 851, P. 187–198.

304. Liu J. L., Mahoney K. J., Swanton C. J. The importance of light quality in crop–weed competition. *Weed Research*. 2009. Vol. 49, Iss. 2. P. 217–224. doi: 10.1111/j.1365-3180.2008.00687.x
305. Ludlow M. M., Muchow R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water-limited environment. *Advances in Agronomy*. 1990. Vol. 43, Iss. 1. P. 107–153. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60477-0
306. Lundkvist A. Effects of pre- and post-emergence weed harrowing on annual weeds in peas and spring cereals. *Weed Research*. 2009. Vol. 49, Iss. 4. P. 409–416. doi: 10.1111/j.1365-3180.2009.00718.x
307. Lusuriaga A. L., Escudero A., Perez Garcia F. Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). *Weed Research*. 2006. Vol. 46, Iss. 2. P. 163–174. doi: 10.1111/j.1365-3180.2006.00496.x
308. Maddonni G. A., Otegui M. E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research*. 200. Vol. 85, Iss. 1. P. 1–13. doi: 10.1016/S0378-4290(03)00104-7
309. Maleska S., Bremunes G. Effectivity of reduced dosages of herbicides to weed constitution of spring barley. *Agronomy Research*. 2006. Vol. 4 (special issue). P. 287–292.
310. Marschal R., Moss R. Characterisation and molecular basis of ALS inhibitor resistance in grass weed *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research*. 2008. Vol. 48, Iss. 5. P. 439–447. doi: 10.1111/j.1365-3180.2008.00654.x
311. Matthews G. A. C.d.a. – Controlled Droplet Application. *PANS*. 1977. Vol. 23, Iss. 4. P. 387–394.
312. Matthews G. A. Pesticide Application Methods. London : Longman Group, 1979. 334 p.
313. Mauchline A. L., Watson S. J., Brown V. K., Froud-Williams R. J. Post-dispersal seed predation of non-target weeds in arable crops. *Weed Research*. 2005. Vol. 45, Iss. 2. P. 157–164. doi: 10.1111/j.1365-3180.2004.00443.x
314. McCullough D. E., Aguilera A., Tollenaar M. Nuptake, N partitioning, and photo synthetic N-use efficiency of an old and new maize hybrid. *Canadian Journal of Plant Science*. 1994. Vol. 74, Iss. 2. P. 479–484. doi: 10.1139/cjps-2015-0186

315. Meiss H., Munier-Jolain N., Henriot F., Caneill J. Effects of biomass, age and functional traits on regrowth of arable weeds after cutting. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2008. Special Issue (21). P. 493–499.

316. Melander B., Holst N., Jensen P. K. et al. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop position, location and herbicide programmes. *Weed Research*. 2007. Vol. 48, Iss. 1. P. 48–57. doi: 1365-3180.2008.00597.x

317. Melander B., Rasmussen K. Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of biennial cultivation system. *Weed Research*. 2000. Vol. 40, Iss. 2. P. 205–218. doi: 10.1046/j.1365-3180.2000.00183.x

318. Menne H., Kocher H. HRAC Classification of herbicides and resistance development. *Modern Crop Protection Compounds* / W. Kramer, U. Schirmer (eds). Weinheim, Germany : Wiley-VCh Verlag GmbH and CO, 2007. Vol. 1. P. 5–26.

319. Milks M. L., Fuxa J. R., Richter A. R., Moser E. B. Multivariate analyses of the factors affecting the distribution, abundance and social form of Louisiana fire ants, *Solenopsis invicta*. *Insectes Sociaux*. 2007. Vol. 54. P. 283–292. doi: 10.1007/s00040-007-0947-4

320. Никитин Н. В., Спиридонов Ю. Я., Абубикеров В. А. и др. Противососная технология внесения гербицидов нового поколения. *Вестник защиты растений ВИЗР*. 2008. № 3. С. 47–55.

321. Никитин Н. В., Спиридонов Ю. Я., Соколов М. С. и др. Использование современных опрыскивателей в адаптивной защите растений. *Агрохимия*. 2008. № 11. С. 51–59.

322. Никитин Н. В., Спиридонов Ю. Я., Шестаков В. Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. Москва : Печатный город, 2010. 200 с.

323. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. *Теоретические основы фотосинтетической продуктивности*. Москва : Наука, 1972. С. 511–527.

324. Mirsky S. B., Lanyon L. E., Needelman B. A. Evaluating soil management using particulate and chemically labile soil organic matter fractions. *Soil*

Science Society of America Journal. 2008. Vol. 72, Iss. 1. P. 180–185.
doi: 10.2136/sssaj2005.0279

325. Miyazaki K., Ito M., Urakawa S. Seasonal pattern of shoot emergence and its endogenous control in horsenettle (*Solanum carolinense* L.). *Weed Biology and Management*. 2005. Vol. 5, Iss. 1. P. 14–18. doi: 10.1111/j.1445-6664.2005.00154.x

326. Mohler C. L., Frich J. C., McCulloch C. E. Vertical movement of weed seed surrogates by tillage implements and natural processes. *Soil & Tillage Research*. 2006. Vol. 86, Iss. 1. P. 110–122. doi: 10.1016/j.still.2005.02.030

327. Moonen A.-C., Barberi P. Functional diversity: an agro ecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2008. Vol. 127, Iss. 1–2. P. 7–21. doi: 10.1016/j.agee.2008.02.013

328. Moos S. R., Perryman S. A. M., Tatnell L. V. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): theory and practice. *Weed Technology*. 2007. Vol. 21, Iss. 2. P. 300–309. doi: 10.1614/wt-06-087.1

329. Moos S. R., Tatnell L. V., Hull R. et al. Integrated management of herbicide resistance. *Home Grown Cereals Authority Project Report No 466*. HGCA, Stoneigh Park, Warwick, UK, 2010. 115 p.

330. Работнов Т. А. Фитоценология. 3-е изд., перераб. и доп. Москва, 1978. 382 с.

331. Райс Э. Аллелопатия. Москва : Мир, 1978. 392 с.

332. Рибіна В. М., Рущупкін Г. Г. Вивчення динаміки проростання бур'янів для удосконалення заходів боротьби з ними в посівах просапних культур. *Вісник ЛНПУ імені Тараса Шевченка. Біологічні науки*. 2004. № 4. С. 92–96.

333. Серебряков И. Г. Морфология вегетационных органов высших растений. Москва : Совет. наука, 1952. 113 с.

334. Скалов Д. Г., Скориков А. П., Морозов С. Г. О сносе капель распыленной жидкости. *Защита растений*. 1978. № 8. С. 46–47.

335. Соколов М. С. Микрообъемное монодисперсное опрыскивание пестицидами. *Химия в сельском хозяйстве*. 1978. № 12. С. 3–10.

336. Соколов М. С. Проникновение в растение гербицидов и некоторых других экзогенных веществ. *Агрохимия*. 1974. № 4. С. 135–147.
337. Moss S. R. Non-chemical methods of weed control: benefits and limitations. *Proceedings of the 17th Australasian Weeds Conference* / S. M. Zydenbos (ed.). New Zealand Plant Protection Society, Christchurch, New Zealand, 2010. P. 14–19.
338. Moss S. R., Hull R. (2012) Quantifying for the benefit of spring cropping for control of *Alopecurus myosuroides* (black-grass). *Aspects of Applied Biology*, Vol. 117. P. 1–6.
339. Moss S. R., Anderson-Taylor G., Beech P. A. et al. The current status of herbicide-resistant grass and broad-leaved weeds of arable crops in Great Britain. *BCPC International Congress – Crop Science and Technology*. Glasgow, UK, 2005. P. 139–144.
340. Moss S. R., Marschall R., Hull R., Alarcon-Reverte R. Current status of herbicide resistant weeds in the United Kingdom. *Aspects of Applied Biology*. 2011. Vol. 106. P. 1–10.
341. Muchow C. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf growth and leaf nitrogen. *Field Crops Research*. 1988. Vol. 18, Iss. 1. P. 1–16.
342. Nazarko O. M., Van Acker R. C., Entz M. H. Strategies and tactics for herbicide use reduction in field crops in Canada: a review. *Canadian Journal of Plant Science*. 2005. Vol. 85, Iss. 2. P. 457–479. doi: 10.4141/P04-158
343. Neve P. Simulation modelling to understand the evolution and management of glyphosate resistance in weeds. *Pest Management Science*. 2008. Vol. 64, Iss. 4. P. 392–401. doi: 10.1002/ps.1495
344. Ng C.-H., Rarnam W., Surif S., Ismail B. S. Inheritance of glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*). *Weed Science*. 2004. Vol. 52, Iss. 4. P. 564–570. doi: 10.1614/WS-03-105R2
345. Niemann P., Zwerger P. On herbicide resistance within *Apera spica-venti* (L.) PB. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2006. Special issue XX. P. 81–88.

346. Norris R. F., Kogan M. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology*. 2005. Vol. 50. P. 479–503. doi: 10.1146/annurev.ento.49.061802.123218
347. Norsworthy J. K., Smith K. L., Scott R. C., Gbur E. E. Consultant Perspectives on Weed Management Needs in Arkansas Cotton. *Weed Technology*. 2007. Vol. 21, Iss. 3. P. 825–831. doi: 10.1614/WT-06-204.1
348. Norsworthy J. K., Oliveira M. J., Jha P. et al. Palmer Amaranth and Large Crabgrass Growth with Plasticulture-Grown Bell Pepper. *Weed Technology*. 2008. Vol. 22, Iss. 2. P. 296–302. doi: 10.1614/WT-07-043.1
349. Ivaschenko O. O., Mykhalska L. M., Schwartau V. V. Accumulation of nutrients by weeds and winter wheat plants. *16th European Weed Research Society Symposium* (June 24–27, 2013 At Sumsun, Turkey). P. 75.
350. Ivaschenko O. O., Ivaschenko O. O. Efficiency and losses of herbicides when spraying. *16th European Weed Research Society Symposium* (June 24–27, 2013 Ondokuz Mayis University, At Sumsun, Turkey). P. 250.
351. Oaks A. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. *Canadian Journal of Botany*. 1994. Vol. 72, Iss. 6. P. 739–750. doi: 10.1139/b94-094
352. Ivaschenko O., Zadoroznyi V. Weed control under different tillage methods and the their effect the maize yield under conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. *6th International Weed Science Congress* (Hangzhou, China, June 17–22, 2012). Hangzhou, 2012. 149 p.
353. Olsen J., Kristensen L., Weiner J. Effects of density and spatial pattern of winter wheat on suppression of different weed species. *Weed Science*. 2005. Vol. 53, Iss. 5. P. 690–694. doi: 10.1614/WS-04-144R2.1
354. Onen H., Misako I., Imaizumi T. Horsenettle (*Solanum carolinense* L.) plants emerged at different times after corn (*Zea mays* L.) planting. *Weed Biology and Management*. 2006. Vol. 6, Iss. 1. P. 55–58. doi: 10.1111/j.1445-6664.2006.00187.x
355. Oreja F. H., De la Fuente E. B. Dinamica poblacional del pasto cuaresma (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) en cultivos de soja de la Pampa Ondulada. *Proc.*

XVII Congreso de la Asociacion Latinoamericana de Malezas (ALAM) Varadero (Nov. 8–11, 2005, Matanzas, Cuba). Matanzas, 2005. P. 767–771.

356. Osvald A. K. Impact and control of thistles in grassland. *Weeds, pests and diseases of grassland and herbage legumes* / J. S. Brockman (ed.). Sot. Occasional Symp. No 18, British Crop Protection Council Monograph No 29. London : BCPC Publ., 1985. P. 128–136.

357. Owen M. J., Michael P. J., Renton M. et al. Towards large-scale prediction of *Lolium rigidum* emergence. II. Correlation between dormancy and herbicide resistance levels suggests an impact of cropping systems. *Weed Research*. 2011. Vol. 51, Iss. 2. P. 133–141. doi: 10.1111/j.1365-3180.2010.00835.x

358. Устінова А. Ф., Сизовенко Л. Є. Система ліквідації вогнищ гумаю в посівах сільськогосподарських культур. *Комплексні дослідження рослин – експлерентів і систем захисту орних земель в Україні від бур'янів* : матеріали 5-ї науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів (м. Київ, 2006). Київ : Колобіг, 2006, С. 48–51.

359. Устінова А. Ф. Шкодочинність ценхрусу якірцевого в посівах кукурудзи. *Рослини – бур'яни: особливості біології та раціональні системи їх контролювання в посівах сільськогосподарських культур* : матеріали 7-ї науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів (3–5 квітня 2010 р., м. Київ). Київ : Колобіг, 2010. С. 194–203.

360. Ушкаренко В., Голобородько С. Глобальне потепління і агрофітоценози Степу. *Агроперспектива*. 2009. № 8–9. С. 73–75.

361. Іващенко О. О. Екологічне і ефективне контролювання бур'янів у широкорядних посівах. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 3. С. 6–9.

362. Pearce S., alucki M. P. Do predators aggregate in response to pest density in agroecosystems? Assessing within-field spatial patterns. *Journal of Applied Ecology*. 2006. Vol. 43, Iss. 1. P. 128–140. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01118.x

363. Pedersen B. P., Neve P., Andreasen C., Powles S. B. Ecological fitness of a glyphosate-resistant *Lolium rigidum* population: Growth and seed production along a competition gradient. *Basis and Applied Ecology*. 2007. Vol. 8, Iss. 3. P. 258–268. doi: 10.1016/j.baae.2006.01.002

364. Perelman S. B., Chaneton E. J., Batista W. B. et al. Habitat stress, species pool size and biotic resistance influence exotic plant richness in the Flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology*. 2007. Vol. 95, Iss. 4. P. 662–673. doi: 0.1111/j.1365-2745.2007.01255.x
365. Swanton C. J., Booth B. D. Management of weed seed banks in the context of populations and communities. *Weed Technology*. 2004. Vol. 18, Iss. . P. 1496–1502.
366. Растительный мир Земли : в 2-х т. / под ред. Ф. Фукарека ; пер. с нем. Москва : Мир, 1982. 320 с.
367. Іващенко О. О. Зелені сусіди. Київ: Фенікс, 2013. 479 с.
368. Фисюнов А. В. Сорные растения. Москва : Колос, 1984. 319 с.
369. Курдюкова О. М., Конопля М. І. Бур'яни степів України. Луганськ : Елтон-2, 2012. 344 с.
370. Барбарич А. І., Вісюліна О. Д., Воробйов М. Є. та інші. Бур'яни України : визначник-довідник. Київ : Наукова думка, 1970. 508 с.
371. Powles S. B., Preston C. Evolved Glyphosate Resistance in Plants: Biochemical and Genetic Basis of Resistance. *Weed Technology*. 2006. Vol. 20, Iss. 2. P. 282–289. doi: 10.1614/WT-04-142R.1
372. Prasad M. N. V., Rengel Z. Plant Acclimation and Adaptation to Natural and Anthropogenic Stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998. Vol. 851, Iss. 1. P. 216–223. doi: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb08996.x
373. Price A. J., Reeves D. W., Lamm D. A. Glyphosate resistant *Palmer amaranth* – a threat to conservation tillage. *Proccedings of Beltwide Cotton Conference*. (Jan. 5–8, 2009, San Antonio, Texas). San Antonio, 2009. P. 1335–1336.
374. Primot S., Valantin-Morison M., Makowski D. Predicting the risk of weed infestation in winter oilseed rape crops. *Weed Research*. 2006. Vol. 46, Iss. 1. P. 22–33. doi: 10.1111/j.1365-3180.2006.00489.x
375. Bond J. A., Oliver L. R., Stephenson D. O. Response of Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Accessions to Glyphosate, Fomesafen, and Pyriithiobac. *Weed Technology*. 2006. Vol. 20, Iss. 4. P. 885–892. doi: 10.1614/WT-05-189.1

376. Pullaro T., Marino P., Jackson D. et al. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006. Vol. 115, Iss. 1–4. P. 97–104. doi: 10.1016/j.agee.2005.12.021
377. Ivashchenko O., Ivashchenko O. Influence of thermal and mechanical stresses on *Amaranthus retroflexus* L. plants. *Herbologia*. 2014. Vol. 14, Iss. 2. P. 27–34. doi: 10.5644/Herb.14.2.03
378. Purtauf T., Roschewitz I., Dauber J. et al. Landscape context of organic and conventional farms: influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2005. Vol. 108, Iss. 2. P. 165–174. doi: 10.1016/j.agee.2005.01.005
379. Quested H., Eriksson O. Litter species composition influences the performance of seedlings of grassland herbs. *Functional Ecology*. 2006. Vol. 20, Iss. 3. P. 522–532. doi: 10.1111/j.1365-2435.2006.01131.x
380. Rahkonen J., Pietikonen J., Jokela H. The effects of flame weeding on soil microbial biomass. *Biological Agriculture and Horticulture*. 1999. Vol. 16, Iss. 4. P. 363–368. doi: 10.1080/01448765.1999.9755239
381. Rask A. M., Andreasen C. Influence of mechanical rhizome cutting, rhizome drying and burial at different developmental stages on the regrowth of *Calystegia sepium*. *Weed Research*. 2006. Vol. 47, Iss. 1. P. 84–93. doi: 10.1111/j.1365-3180.2007.00539.x
382. CGIAR Research Priorities for Marginal Lands. TAC-CGIAR of the FAO, Document No. SDR/TAC:IAR/99/12, 148 p. URL: <http://library.cgiar.org/handle/10947/332>
383. Dale V., Kline K., Wiens J., Fargione J. Biofuels: Implications for Land Use and Biodiversity. *Biofuels and Sustainability Reports*. 2010. 13 p. <http://www.esa.org/biofuelsreports/>
384. Dauber J. B., Fernando C., Finnan A. L. et al. . *BioRisk*. 2012. Vol 7. P. 5–50. doi: 10.3897/biorisk.7.3036
385. Kang S., Post W. M., West T. O. et al. Marginal Lands: Concept, Assessment and Management. *Journal of Agricultural Science*. 2013. Vol. 5, Iss. 5. P. 129–139. doi: 10.5539/jas.v5n5p129

386. Miyake S., Smith C., Peterson A. et al. Environmental implications of using ‘underutilised agricultural land’ for future bioenergy crop production. *Agricultural Systems*. 2015. Vol. 139. P. 180–195. doi: 10.1016/j.agsy.2015.06.010
387. Shortall O. K. “Marginal land” for energy crops: Exploring definitions and embedded assumptions. *Energy Policy*. 2013. Vol. 62. P. 19–27. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.048>
388. Wiegmann K., Hennenberg K., Fritsche U. Degraded Land and Sustainable Bioenergy Feedstock Production. URL: http://bioenergywiki.webfactional.com/images/4/43/OEKO_%282008%29_Issue_Paper_Degraded_Land_Paris_Workshop_final.pdf
389. Анциферов Г. И. Ива. Москва : Лесная пром-сть, 1984. 101 с.
390. Афонин А. А., Афонин А. А., Булавинцева Л. И. Экологогенетические проблемы «зеленой» энергетики. *Биология в школе*. 2011. № 6. С. 16–24.
391. Валягина-Малютина Е. Т. Ивы европейской части России. Москва : КМК, 2004. 217 с.
392. Назаров М. И. Род *Salix*. *Флора СССР*. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1936. Т. 5. С. 24–216, 707–713.
393. Правдин Л. Ф. Ива, её культура и использование. Москва : Изд-во АН СССР, 1952. 168 с.
394. Скворцов А. К. Ивы СССР. Москва : Наука, 1968. 262 с.
395. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Вербі України (біологія, екологія, використання). Київ : Логос, 2009. 200 с.
396. Фучило Я. Д., Сбитная М. В. Ивы естественной дендрофлоры Украины. Рациональное использование ресурсного потенциала регионов России и сопредельных государств. Брянск : Курсив, 2011. С. 175–180.
397. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь : науково-методичні рекомендації. Київ : Логос, 2009. 80 с.

398. Argus G. W. Infrageneric classification of *Salix* (Salicaceae) in the New World. *Systematic Botany Monographs*. Ann Arbor, USA : American Society of Plant Taxonomists, 1997. Vol. 52. 121 p.
399. Fredga K., Danell K., Frank K. H. et al. Bioenergy: Opportunities and constraints. *Energy Committee Report*. 2008. June. 30 p.
400. Heinsoo K., Merilo E., Petrovits M., Koppel A. Fine root biomass and production in a *Salix viminalis* and *Salix dasyclados* plantation. *Estonian Journal of Ecology*. 2009. Vol. 58, Iss. 1. P. 27–37. doi: 10.3176/eco.2009.1.03
401. McCracken A. R. Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures. *Tests of Agrochemicals and Cultivars*. 1998. Vol. 19. P. 54–55.
402. Möller R., Toonen M., van Beilen J. et al. Crop platforms for cell wall biorefining: lignocellulose feedstocks. Berks, UK : CPL Press, 2007. 161 p.
403. Smart L. B., Cameron K. D. Genetic improvement of willow (*Salix* spp.) as a dedicated bioenergy crop. *Genetic improvement of bioenergy crops* / W. Vermerris (ed.). New York : Springer, 2008. P. 377–396. doi: 10.1007/978-0-387-70805-8_13
404. Weih M., Ronnberg-Wastljung A. C., Glynn C. Genetic basis of phenotypic correlations among growth traits in hybrid willow (*Salix dasyclados* × *S. viminalis*) grown under two water regimes. *New Phytologist*. 2006. Vol. 170, Iss. 3. P. 467–477. doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01685.x
405. Abrahamson L., Volk T., Kopp R. et al. Willow Biomass Producer's Handbook. Syracuse, NY, 2002. 31 p.
406. Adiele J., Volk T. A. Developing spring cover crop systems for willow biomass crop establishment. *Aspects of Applied Biology*. 2011. Vol. 112. P. 113–119.
407. Aldrich R. J. Predicting crop yield reductions from weeds. *Weed Technology*. 1987. Vol. 1, Iss. 3. P. 199–206.
408. Arevalo C. B. M., Volk T. A., Bevilacqua E., Abrahamson L. Development and validation of aboveground biomass estimations for four *Salix* clones in central New York. *Biomass and Bioenergy*. 2007. Vol. 31, Iss. 1. P. 1–12. doi: 10.1016/j.biombioe.2006.06.012

409. Argus G. W. Infrageneric classification of *Salix* (Salicaceae) in the New World. *Systematic Botany Monographs*. Ann Arbor, USA : American Society of Plant Taxonomists, 1997. Vol. 52. 121 p.
410. Aronsson P., Rosenqvist H., Dimitriou I. Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *BioEnergy Research*. 2014. Vol. 7, Iss. 3. P. 993–1001. doi: 10.1007/s12155-014-9435-7
411. Aronsson P., Weih M., Ahman I. *Salix* cultivation yields added value – In addition to energy. *Bioenergy – for what and how much* / B. Johansson (ed.). Swedish Research Council Formas, 2008. P. 269–284.
412. Ascard J., Fogelberg F. Mechanical in-row weed control in transplanted and direct-sown bulb onions. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2008. Vol. 25, Iss. 3. P. 235–251. doi: 10.1080/01448765.2008.9755051
413. Augustson A., Lind A., Weih M. Floristisk mångfald i *Salix*-odlingar. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 2006. Vol. 100, Iss. 1. P. 52–58.
414. Bàrberi P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*. 2002. Vol 42, Iss. 3. P. 177–193. doi: 10.1046/j.1365-3180.2002.00277.x
415. Baum C., Leinweber P., Weih M. et al. Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology. *Agriculture and Forestry Research*. 2009. Vol. 59, Iss. 3. P. 183–196.
416. Bertholdsson N. O. Early vigour and allelopathy-two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. *Weed Research*. 2005. Vol. 45, Iss. 2. P. 94–102. doi: 10.1111/j.1365-3180.2004.00442.x
417. Borjesson P., Tufvesson L. M. Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance including direct land use changes. *Journal of Cleaner Production*. 2011. Vol. 19, Iss. 2–3. P. 108–120. doi: 10.1016/j.jclepro.2010.01.001
418. Christensen S. Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research*. 1995. Vol. 35, Iss. 4. P. 241–247. doi: 10.1111/j.1365-3180.1995.tb01786.x

419. Clay D. V., Dixon F. L. Vegetation management in the establishment of poplar and willow short-rotation coppice. *Brighton Crop Protection Conference: Weeds* : Proc. of an Int. Conf. (Nov. 20–23, 1995, Brighton, UK). Brighton, 1995. Vol. 3. P. 979–984.
420. Clay D., Dixon F. Effect of ground-cover vegetation on the growth of poplar and willow short-rotation coppice. *Aspects of Applied Biology*. 1997. Vol. 49, P. 53–60.
421. Cobb A. H., Reade J. P. H. *Herbicides and Plant Physiology*. 2nd Ed. Hoboken : Wiley-Blackwell, 2010. 296 p.
422. Connell J. H. Apparent versus “real” competition in plants. *Perspectives on plant competition* / J. B. Grace, & D. Tilman (eds). California : Academic Press, 1990. P. 9–26.
423. Danfors B. Mekanisk och kemisk ograsbekämpning i nyanlagda salixodlingar. *JTI rapport 129*. Trysk : Jordbrukstekniska institutet, 1991. 58 p. URL: http://www.jti.se/uploads/jti/JTI_Rapport_129.pdf
424. Dimitriou I., Mola-Yudego B., Aronsson P., Eriksson J. Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *BioEnergy Research*. 2012. Vol. 5, Iss. 3. P. 563–572. doi: 10.1007/s12155-012-9215-1
425. Duke S. O. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest Management Science*. 2012. Vol. 68, Iss. 4. P. 505–512. doi: 10.1002/ps.2333
426. Gustafsson J., Larsson S., Nordh N. Manual för Salixodlare. Framställd av Lantmännen Agroenergi AB/Salix, Örebro / Lantmännen Agroenergi, Sweden. URL: <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>
427. Gustafsson L. Vegetation dynamics during the establishment phase of an energy forest on a riverside in south-western Sweden. *Studia Forestalia Suecia*. 1988. Vol. 178. P. 1–16.
428. Hansen J., Ruedy R., Sato M., Lo K. Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*. 2010. Vol. 48, Iss. 4. P. 1–29. doi: 10.1029/2010RG000345

429. Hansson L. Spatial dynamics of field voles *Microtus agrestis* in heterogeneous landscapes. *Oikos*. 1977. Vol. 29, Iss. 3. P. 539–544.
430. Harker K. N., O'Donovan J. T. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. *Weed Technology*. 2013. Vol. 27, Iss. 1. P. 1–11. doi: 10.1614/WT-D-12-00109.1
431. Hartwig N. L., Ammon H. U. Cover crops and living mulches. *Weed Science*. 2002. Vol. 50, Iss. 6. P. 688–699. doi: 10.1614/0043-1745(2002)050[0688:AIACCA]2.0.CO;2
432. Helby P., Rosenqvist H., Roos A. Retreat from *Salix* – Swedish experience with energy crops in the 1990s. *Biomass and Bioenergy*. 2006. Vol. 30, Iss. 5. P. 422–427. doi: 10.1016/j.biombioe.2005.12.002
433. Hiltbrunner J., Liedgens M., Bloch L. et al. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds. *European Journal of Agronomy*. 2007. Vol. 26, Iss. 1. P. 21–29. doi: 10.1016/j.eja.2006.08.002
434. Hakansson S. Weeds and weed management on arable land: an ecological approach. Cambridge : CABI Publishing, 2003. 304 p.
435. Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment / J. G. Isebrands, J. Richardson (ed.). Cambridge : CABI Publishing, 2014. 699 p.
436. Karp A., Hanley S. J., Trybush S. O. et al. Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2011. Vol. 53, Iss. 2. P. 151–165. doi: 10.1111/j.1744-7909.2010.01015.x
437. Kuzovkina Y. A. Weih M., Romero M. A. et al. *Salix*: botany and global horticulture. *Horticultural reviews* / J. Janick (ed.). Hoboken, New Jersey : John Wiley and Sons, 2008. Vol. 34. P. 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
438. Labrecque M., Teodorescu T. I., Babeux P. et al. Impact of herbaceous competition and drainage conditions on the early productivity of willows under short-rotation intensive culture. *Canadian Journal of Forest Research*. 1994. Vol. 24, Iss. 3. P. 493–501. doi: 10.1139/x94-066

439. Larsen S. U. . 2014. URL: <http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Afgroeder/Energiafgroeder/pilenergiskov/Sider/afpudsning-af-etaarsskud-i-pil-pl-14-1799.aspx>.
440. Larsen S. U., Jørgensen U., Lærke P. E. Willow yield is highly dependent on clone and site. *BioEnergy Research*. 2014. Vol. 7, Iss. 4. doi: 10.1007/s12155-014-9463-3.
441. Larsson S. Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 15, Iss. 1. P. 23–26.
442. Larsson S., Lindegaard K. Full scale implementation of short rotation willow coppice, SRC, in Sweden. Örebro: Agrobraensle, 2003. URL: <https://sswm.info/node/1373>
443. Ledin S. Willow wood properties, production and economy. *Biomass and Bioenergy*. 1996. Vol. 11, Iss. 2–3. P. 75–83. doi: 10.1016/0961-9534(96)00022-0
444. Lemerle D., Gill G. S., Murphy C. et al. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2001. Vol. 52, Iss. 5. P. 527–548. doi: 10.1071/AR00056
445. Lemerle D., Verbeek B., Cousens R. D., Coombes N. E. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research*. 1996. Vol. 36, Iss. 6. P. 505–513. doi: 10.1111/j.1365-3180.1996.tb01679.x
446. Lundkvist A., Verwijst T. Weed biology and weed management in organic farming. *Research in Organic Farming* / R. Nekkoul (ed.). InTech, 2011. p. 157–186. doi: 10.5772/31757
447. Malik R. K., Green T. H., Brown G. F. et al. Biomass production of short-rotation bioenergy hardwood plantations affected by cover crops. *Biomass and Bioenergy*. 2001. Vol. 21, Iss. 1. P. 21–33. doi: 10.1016/S0961-9534(01)00017-4
448. Mola-Yudego B., Aronsson P. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass and Bioenergy*. 2008. Vol. 32, Iss. 9. P. 829–837. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.01.002
449. Murphy K., Dawson J., Jones S. Relationship among phenotypic growth traits, yield and weed suppression in spring wheat landraces and modern cultivars.

Field Crops Research. 2008. Vol. 105, Iss. 1–2. P. 107–115.
doi: 10.1016/j.fcr.2007.08.004

450. Nord-Larsen T., Sevel L., Raulund-Rasmussen K. Commercially grown short rotation coppice willow in Denmark: biomass production and factors affecting production. *BioEnergy Research*. 2014. Vol. 8, Iss. 1. P. 335–339.
doi: 10.1007/s12155-014-9517-6

451. Nordh N.-E. Long term changes in stand structure and biomass production in short rotation willow coppice : Doctoral thesis. Uppsala : Swedish University of Agricultural Sciences, 2005. 26 p.

452. Nordh N., Verwijst T. Above-ground biomass assessments and first cutting cycle production in willow (*Salix* sp.) coppice—a comparison between destructive and non-destructive methods. *Biomass and Bioenergy*. 2004. Vol. 27, Iss. 1. P. 1–8. doi: 10.1016/j.biombioe.2003.10.007

453. Oerke E. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 2006. Vol. 144, Iss. 1. P. 31–43. doi: 10.1017/S0021859605005708

454. Olofsdotter, Navarez, Rebulanan & Streibig (1999). Weed-suppressing rice cultivars – does allelopathy play a role? *Weed Research*. Vol. 39, Iss. 6. P. 441–454. doi: 10.1046/j.1365-3180.1999.00159.x

455. Paulrud S., Laitila T. Lantbrukarnas attityder till odling av energigrödor. URL: https://www.goteborgenergi.se/Files/dok/Forskning/05-14_Slutrapport.pdf?TS=634000273516630090

456. Peters G. P., Andrew R. M., Boden T. et al. The challenge to keep global warming below 2 °C. *Nature Climate Change*. 2013. Vol. 3, Iss. 1. P. 4–6. doi: 10.1038/nclimate1783

457. Radosevich S., Holt J., Ghersa C. Weed ecology: implications for management. (2nd ed.). New York : John Wiley & Sons, 1997. 589 p.

458. Robinson K., Karp A., Taylor G. Defining leaf traits linked to yield in short-rotation coppice *Salix*. *Biomass and Bioenergy*. 2004. Vol. 26, Iss. 5. P. 417–431. doi: 10.1016/j.biombioe.2003.08.012

459. Roggenkamp G. J., Mason S. C., Martin A. R. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and green foxtail (*Setaria viridis*) response to corn (*Zea mays*) hybrid.

Weed Technology. 2000. Vol. 14, Iss. 1. P. 304–311. doi: 10.1614/0890-037X(2000)014[0304:VATAGF]2.0.CO;2

460. Rowe R. L., Street N. R., Taylor G. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13, Iss. 1. P. 271–290. doi: 10.1016/j.rser.2007.07.008

461. Rytter R.-M. The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 36. P. 86–95. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.012

462. Ronnberg-Wastljung A. C. Genetic structure of growth and phenological traits in *Salix viminalis*. *Canadian Journal of Forest Research*. 2001. Vol. 31, Iss. 2. P. 276–282. doi: 10.1139/x00-175

463. Sage R. Weed competition in willow coppice crops: The cause and extent of yield losses. *Weed Research*. 1999. Vol. 39, Iss. 5. P. 399–411. doi: 10.1046/j.1365-3180.1999.00154.x

464. Sage R., Cunningham M., Boatman N. Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. *Ibis*. 2006. Vol. 148, Iss. s1. P. 184–197. doi: 10.1111/j.1474-919X.2006.00522.x

465. Sevel L., Nord-Larsen T., Raulund-Rasmussen K. Biomass production of four willow clones grown as short rotation coppice on two soil types in Denmark. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 46. P. 664–672. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.06.030

466. Smart L. B., Cameron K. D. Genetic improvement of willow (*Salix* spp.) as a dedicated bioenergy crop. *Genetic improvement of bioenergy crops* / W. Vermerris (ed.). New York : Springer, 2008. P. 377–396. doi: 10.1007/978-0-387-70805-8_13

467. Sutherland S. What makes a weed a weed: life history traits of native and exotic plants in the USA. *Oecologia*. 2004. Vol. 141, Iss. 1. P. 24–39. doi: 10.1007/s00442-004-1628-x

468. Swedish Board of Agriculture. *Handbok för salixodlare*. URL: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr250v2.pdf
469. Swedish Chemicals Agency (2014). Pesticides register. URL: <http://www.kemi.se/>.
470. Swedish Energy Agency. *Energilaget 2013*. URL: <http://www.energimyndigheten.se>.
471. Swedish Energy Agency. *Svensk sammanfattning av IEA-PVPS National Survey Report of PV power applications in Sweden 2013*. 2014. URL: <http://www.energimyndigheten.se>.
472. Swedish Government. *Sveriges Nationella Handlingsplan för framjande av förnybar energi enligt Direktiv 2009/28/EG och Kommissionens beslut av den 30.6.2009*. URL: <http://www.regeringen.se>.
473. Teasdale J. R., Daughtry C. S. T. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Science*. 1993. Vol. 41, Iss. 2. P. 207–212. doi: 10.1017/S0043174500076074
474. Telenius B., Verwijst T. The influence of allometric variation, vertical biomass distribution and sampling procedure on biomass estimates in commercial short-rotation forests. *Bioresource Technology*. 1995. Vol. 51, Iss. 2–3. P. 247–253. doi: 10.1016/0960-8524(94)00133-L
475. Tesio F., Ferrero A. Allelopathy, a chance for sustainable weed management. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2010. Vol. 17, Iss. 5. P. 377–389. doi: 10.1080/13504509.2010.507402
476. Tharakan P. J., Volk T. A., Nowak C. A., Abrahamson L. P. Morphological traits of 30 willow clones and their relationship to biomass production. *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. Vol. 35, Iss. 2. P. 421–431. doi: 10.1139/x04-195
477. The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj>

478. Upadhyaya M. K., Blackshaw R. E. (ed.). *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts, and Technology*. Wallingford : Cabi Publishing, 2007. 239 p.

479. Van der Weide R., Bleeker P., Achten V. et al. Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research*. 2008. Vol. 48, Iss. 3. P. 215–224. doi: 10.1111/j.1365-3180.2008.00629.x

480. Verwijst T., Lundkvist A., Edelfeldt S., Albertsson J. Development of sustainable willow short rotation forestry in northern Europe. *Biomass Now – Sustainable Growth and Use* / M. D. Matovic (ed.). InTech, 2013. P. 479–502. doi: 10.5772/55072

481. Verwijst T., Nordh N.-E. Effekter av skottnedklippning efter etableringsåret på produktionen under första och andra omdrevet i salixodlingar. Värmeforsk, Grödor från åker till energi nr 1136. Stockholm, 2010. 13 s. URL: <http://www.varmeforsk.se>.

482. Verwijst T., Telenius B. Biomass estimation procedures in short rotation forestry. *Forest Ecology and Management*. 1999. Vol. 121, Iss. 1. P. 137–146. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00562-3

483. Volk T. Alternative Methods of Site Preparations and Coppice Management during the Establishment of Short rotation Woody Crops. Ph.D. Dissertation. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY, 2002. 284 p.

484. NY: State University of New York. College of Environmental Science and Forestry.

485. Vollmann J., Wagentristsl H., Hartl W. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*. 2010. Vol. 32, Iss. 4. P. 243–248. doi: 10.1016/j.eja.2010.01.001

486. Weih M., Nordh N. E. Characterising willows for biomass and phytoremediation: growth, nitrogen and water use of 14 willow clones under different irrigation and fertilisation regimes. *Biomass and Bioenergy*. 2002. Vol. 23, Iss. 6. P. 397–413. doi: 10.1016/S0961-9534(02)00067-3

487. Weiner J., Griepentrog H.-W., Kristensen L. Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology*. 2001. Vol. 38, Iss. 4. P. 784–790. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00634.x
488. Westgate L. R., Singer J. W., Kohler K. A. Method and timing of rye control affects soybean development and resource utilization. *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 97, Iss. 3. P. 806–816. doi: 10.2134/agronj2004.0223
489. Wheeler T., von Braun J. Climate change impacts on global food security. *Science*. 2013. Vol. 341, Iss. 6145. P. 508–513. doi: 10.1126/science.1239402
490. Wikberg J., Ogren E. Variation in drought resistance. drought acclimation and water conservation in four willow cultivars used for biomass production. *Tree Physiology*. 2007. Vol. 27, Iss. 9. P. 1339–1346. doi: 10.1093/treephys/27.9.1339
491. Zimdahl R. L. *Fundamentals of Weed Science*. 3rd Ed. Burlington : Academic Press, 2007. 688 p.
492. Ahman I. Hantering av skadegorare i energiskog av *Salix*. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift*. 2001. Vol. 111, Iss. 2. P. 98–103.
493. Ahman I., Larsson S. Genetic improvement of willow (*Salix*) as a source of bioenergy. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. 1994. Vol. 18. P. 47–56.
494. Гелету́ха Г. Г., Же́лезна Т. А., Кучеру́к П. П., Олі́йник Є. М. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні : Аналітична записка БАУ № 9. Біоенергетична асоціація України, 2014. 32 с. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf>
495. Хіврич О. Б., Квак В. М., Каськів В. В. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 153–157.
496. Шумный В. К., Вепрев С. Г., Нечипоренко Н. Н. и др. Новая форма мискантуса китайского (Веерника китайского *Miscantus sinensis* Anders.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья. *Вестник ВОГиС*. 2010. Т. 14, № 1. С. 122–126.

497. Brosse N., Dufour A., Meng X. et al. *Miscanthus*: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. *Biofuels Bioproducts and Biorefining*. 2012. Vol. 6, Iss. 5. P. 580–598. doi: 10.1002/bbb.1353
498. Аксенов Е. С., Аксенова Н. А. Декоративное садоводство для любителей и профессионалов. Травянистые растения. М : АСТ-ПРЕСС, 2001. 512 с.
499. Ягольник О. О. Міскантус витримав удар і виграв перший раунд в Україні. *Біоенергетика*. 2015. № 2. С. 18–24.
500. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні : Аналітична записка БАУ № 10. Біоенергетична асоціація України, 2014. 33 с.
501. Pude R. Uprawa i zbiory trzciny *Miscanthus* w Europie. *Materiały Polsko-Niemieckiej Konferencji na Temat Wykorzystania Trzciny Chińskiej* (Połączyn Zdrój, 27–29 wrzesień 2000). Szczecin, 2000. P. 11–25.
502. Зинченко В. А. Интродукция культуры *Miscanthus sinensis* формы «Giganteus» с целью разработки технологии его выращивания для создания энергетических плантаций быстрого оборота. *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК*: сб. материалов VII Междунар. науч. конф. / Брянский ГСХА. Брянск, 2010. С. 327–334.
503. Романчук Л. Д., Зінченко В. О., Василюк Т. П. Особливості вирощування енергетичних культур в умовах Полісся України. *Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України*. К : Центр учбової літератури, 2014. С. 81–111.
504. Цыганов А. Р., Ключков А. В. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы. Минск : Беларус. наука, 2012. 143 с.
505. Барбаш В. А., Зінченко В. О., Трембус І. В. Ресурсозберігаючі технології перероблення стебел міскантуса. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2012. № 5. С. 118–123.
506. Байбакова О. В. Биоконверсия лигноцеллюлозного субстрата мискантуса в этанол. *Фундаментальные исследования*. 2015. Т. 2, № 13. С. 2783–2786.

507. Байбакова О. В., Скиба Е. А. Биотехнологические аспекты биосинтеза этанола из мискантуса. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014. Т. 18, № 3. С. 564–72.

508. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М. та ін. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 2. С. 31–34.

509. Роїк М. В., Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових*. 2015. Вип. 21. С. 249–254.

510. Лось Л. В., Зінченко В. О., Жайвороновський В. Р. Вирощування і газифікація біопалив ефективний шлях вирішення «енергетичних» і екологічних проблем на прикладі міскантуса гігантеуса. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2011. Т. 1, № 2. С. 46–58.

511. Зінченко В. О., Мартинюк Г. М., Зінченко О. В. Особливості росту міскантуса гігантеуса в умовах радіоактивного забруднення. *Наука. Молодь. Екологія – 2009* : 36. матер. V наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Житомир, 27–29 травня 2009 р.). Житомир, 2009. С. 138–140.

512. Кухарець С. М., Кухарець В. В. Особливості конверсії рослинної біомаси сільськогосподарського походження: *Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України* / відп. ред. О. В. Скидан. Київ : Центр учбової літератури, 2014. С. 113–120.

Підписано до друку 08.10.2021.

Формат 60х84/8. Папір офсетний.

Друк цифровий.

Друк. арк. 36. Умов. друк. арк. 33,5. Обл.-вид. арк. 12,4.

Наклад 100 прим. Зам. № 6371/2.

Віддруковано ФОП Корзун Д.Ю. з оригіналів замовника.

Свідоцтво про державну реєстрацію фізичної особи-підприємця
серія В02 № 818191 від 31.07.2002 р.

Видавець ТОВ «Нілан-ЛТД».

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 4299 від 11.04.2012 р.

21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.

Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852, (098) 46-98-043.

e-mail: info@tvoru.com.ua

http://www.tvoru.com.ua